7/80

30. Jahrgang
Juli 1980
S. 217–252
Verlagspostamt
Berlin
Heftpreis 3,–M



VEB VERLAG
FÜR BAUWESEN
BERLIN

ISSN 0043-0986

Wasserwirtschaft · Wassertechnik





Neuerungen

Um die Nachnutzung von Neuerervorschlägen, Erfindungen u. ä. zu fördern, veröffentlichen wir nachstehend einige Neuerungen auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft. Weitere Informationen erteilt das Zentrale Büro für die Neuererbewegung, das Schutzrecht- und Lizenzwesen des Ministeriums für Umweltschutz und Wasserwirtschaft.

Bohrwagen mit Messerkopf

Das Verfahren Rohrreinigung durch Aufbohren mittels Bohrwagens wird vorrangig zur Reinigung stark und hart inkrustierter Rohrleitungen der Nennweiten NW 80 bis 300 bei Außentemperaturen bis zu –10 °C eingesetzt.
Der Aufbau des Bohrwagens besteht im wesentlichen aus einem 4-Rad-Fahrgestell (Eigenentwicklung) mit anmontiertem handbedienbarem Steuerpult, zwei Druckluftantrieben. Einer wird zum Vor- und Rückwärtsfahren des Bohrwagens, der andere zum Antrieb des Bohrgestänges mit Messerbohrkopf eingesetzt. Eine Spezialdruckluftkupplung (Eigenentwicklung) ermöglicht das Trennen des Fahrwerkantriebs vom Fahrwerk.

Automatisches Be- und Entlüftungsventil NW 150 – ND 16

Die Aufgabe des Ventils besteht darin, Luftansammlungen in Rohrleitungen (oder Behältern) zu verhindern (Füllen von Leitungen bzw. Dauerentlüftung) bzw. den atmosphärischen Druckausgleich zu gewährleisten (Entleeren von Leitungen). Die sich während des Betriebes im Ventil ansammelnden kleinen Luftmengen vergrößern das Luftvolumen im Ventilgehäuse oberhalb des Flüssigkeitsspiegels. Dadurch verliert die Kugel Auftrieb und gibt die kleine Ventilöffnung des Gewindestopfens frei, so daß die Luft entweichen kann. In dem Maße, wie die Luft entweicht, steigen der Flüssigkeitsspiegel und damit die Kugel wieder an und schließt die kleine Ventilöffnung. Das Ventil dient zum selbsttätigen Be- und Entlüften von Wasserleitungen bis ND 16 und Wassertemperaturen bis 50 °C mit NW 150 mm. Das Ventil besteht im wesentlichen aus einem geschweißten Stahlgehäuse mit Führungskorb für die Schwimmerkugel, der Flanschplatte mit eingeklebter Dichtung der mit einer Buchse versehenen Führungsplatte, dem Ventilkegel und der Schutzhaube. Je nach dem Wasserstand im Gehäuse wird die Schwimmerkugel angehoben bzw. fällt von dem Ventilkegel ab, wodurch die Luftdüse in dem Ventilkegel geschlossen bzw. geöffnet wird.

Hydromechanisches Preßgerät

Das hydromechanische Preßgerät dient der aufgrabungsfreien Verlegung von Anschlußleitungen (Polyäthylen- bzw. PVC-Rohre) für die Wasserversorgung unter Straßen, Dämmen oder sonstigen Erdmassen. Der Konstruktion des Preßgerätes liegt das Prinzip des Horizontalvortriebsverfahrens zugrunde. Die zu durchpressende Strecke zum Verlegen der Leitung wird von zwei Baugruben, einer Start- und einer Zielgrube, begrenzt. Mit Hilfe eines von einem Motorpumpenaggregat erzeugten Hochdruckwasserstrahls (maximal 38 kp/cm^2) wird das Bohrloch durch die Erde gespült. Das benötigte Spülwasser wird von einem Hydranten oder über eine Ventilanbohrschelle an einer Hauptleitung entnommen. Die Durchpressung erfolgt mittels Spüllanze, bestehend aus dem aufgesetzten Spülkopf (speziell ausgebildete Düse je Nennweite) und jeweils 1 m Spülgestänge. Der Vorschub erfolgt manuell. Mit Zufuhr des Druckwassers wird der Vorschub eingeleitet. Durch das austretende Spülwasser werden der Widerstand an der Spitze der Spüllanze und die Reibung so weit herabgemindert, daß die Spüllanze von einer Arbeitskraft ohne größere Anstrengungen im Erdbereich vorgetrieben werden kann.

Ionenaustauscheranlagen zur Nitrateliminierung aus Trinkwasser

Das Ionenaustauschverfahren sichert bei Einsatz stark basischer Anionenaustauscher die Beseitigung von Nitraten aus Wasser und ist besonders in der Trinkwasseraufbereitung sowie der Lebensmittel- und Getränkeindustrie anwendbar. Das aufzubereitende Wasser wird durch Festbettreaktoren geleitet, die mit stark basischem Anionenaustauschermaterial gefüllt sind. Die Kunstharze nehmen dabei u. a. die im Wasser gelösten Nitrate auf und geben eine adäquate Menge Cl-Ionen ins Wasser ab. In der Regel gestattet die Aufgabenstellung der Nitrateliminierung die Behandlung eines Teilstromes über die Ionenaustauscher (IA) und anschließende Mischung mit den vom IA unbehandelten Wasser. Nach der Behandlungsphase wird das Austauschermaterial im Gleichstromverfahren mit einer chloridischen Salzlösung regeneriert. Die Beseitigung des IA-Abwassers ist standortabhängig zu klären. Größte Realisierungschancen haben die landwirtschaftliche Verwertung, die teilweise Verwendung als Auftaumittel, für das Straßenwesen und die schadlose Einleitung in die Vorflut. Dabei wird in jedem Falle der Chloridgehalt als begrenzender Faktor zu beurteilen sein. Im IA-Ablauf installierte Nitratelektroden gewährleisten eine kontinuierliche Betriebskontrolle und ermöglichen die Automatisierung des gesamten Prozesses.

Druckstoßberechnung für Pumpenleitungen mit Programmen der elektronischen Datenverarbeitung

Zur Berechnung der instationären Strömungsvorgänge (Druckstoßschwingungen) in Pumpenleitungen stehen drei Programme zur Verfügung. Sie sind in der Programmiersprache FORTRAN IV abgefaßt und können in den Betriebssystemen OS und DOS abgearbeitet werden.
a) Druckstoßberechnung, Pumpendruckleitung mit Druckkessel
Dieses Programm ist zur Berechnung der Druckstoßerscheinungen in Pumpendruckleitungen mit Druckkessel bei plötzlicher Förderstromunterbrechung geeignet. Dabei ist sowohl der Nachweis der Druckschwingungen für vorhandenes bzw. vorgegebenes System als auch die Dimensionierung der erforderlichen Druckstoßsicherungsmaßnahmen unter Berücksichtigung vorgegebener Grenzwerte einschließlich Ermittlung der Druckschwingung möglich.
b) Druckstoßberechnung, Pumpendruckleitung ohne Druckkessel, Stromausfall
Dieses Programm dient zur Berechnung der auftretenden Druckschwingungen in Pumpendruckleitungen ohne Druckstoßsicherungsmaßnahmen (Druckkessel, Nebenauslässe u. a.). Es ermittelt den stationären Fließzustand, simuliert den Pumpenausfall unter Einfluß der Trägheit des auslaufenden Maschinensatzes, erfaßt die Hohlraumbildung in der Leitung durch Verdampfung oder Belüftung und gestattet die Modellierung der Rückstrombeeinflussung durch Rückschlagklappen mit und ohne Umführung.
c) Druckstoßberechnung, Pumpendruckleitung ohne Druckkessel, Schließen des druckseitigen Absperrorgans
Dieses Programm ist zur Berechnung der auftretenden Druckschwingung in Pumpendruckleitungen, an denen keine Druckstoßdämpfung durch Druckkessel erfolgt, beim Schließen des druckseitigen Absperrorgans geeignet. Das Absperrorgan kann sich an der Pumpe oder am Ende der Druckleitung befinden. Es ermittelt den stationären Fließzustand, simuliert die zeitlich veränderliche Drosselwirkung des Absperrorgans bei Pumpenlauf mit Nenndrehzahl, erfaßt die Hohlraumbildung in den Teilungspunkten der Leitung infolge Verdampfung oder Belüftung und gestattet die Modellierung der Rückstrombeeinflussung durch Rückschlagklappen mit und ohne Umführung.
Alle drei Programme wurden für einsträngige Systeme aufgestellt. Doppelleitungen und Verzweigungen können unter bestimmten Voraussetzungen als idealisierte Systeme berechnet werden. Sie liefern als Ergebnis der Berechnung die Extremwerte der Schwingungsberechnung für alle Teilungspunkte der Leitung und das Pumpwerk einschließlich des Zeitpunkts ihres Auftretens. Die Programme sind zur Bearbeitung folgender Probleme geeignet:
– Nachweis der Druck- und Massenschwingungen für vorhandene bzw. vorgegebene Pumpendruckleitungen der Wasserversorgung, der Abwasserableitung und der Brauchwasserförderung
– Dimensionierung (Druckkessel, Rückflußverhinderung) bzw. Nachweis der Wirksamkeit (Belüftung, Rückflußverhinderung bzw. -bremsung, intermittierendes Schließen von Absperrorganen) von Maßnahmen der Druckstoßsicherung für o. g. Rohrleitungen
– Ermittlung der notwendigen Auslegung von Rohrleitungen, Formstücken und Armaturen zur Aufnahme der auftretenden Belastungen durch Druckstoßerscheinungen.

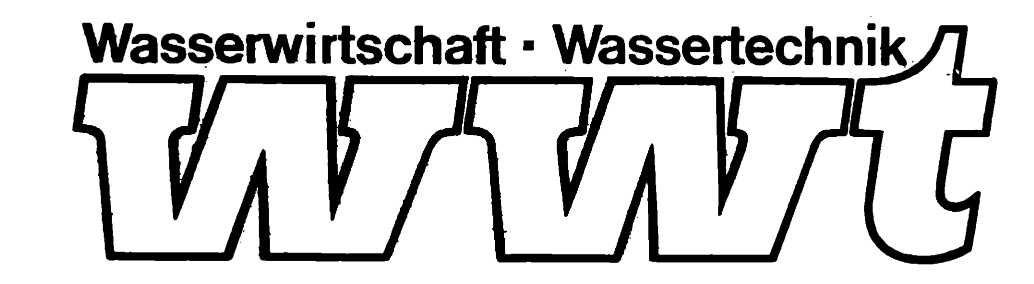
FORTRAN-Komplex-Programm Brunnenbemessung

Mit dem Programm sind grundwasserhydraulische Zusammenhänge, Absenkungsvor-

(Fortsetzung auf der 3. US.)

Ausgezeichnet mit der Ehrenplakette der KDT in Silber





„Wasserwirtschaft – Wassertechnik"
Wissenschaftliche Zeitschrift für Technik und Ökonomik der Wasserwirtschaft

Herausgeber:
Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft
Kammer der Technik (FV Wasser)

ISSN 0043-0986

30. Jahrgang (1980)
Berlin, Juli 1980

Heft 7

Verlag:
VEB Verlag für Bauwesen, Berlin
Verlagsleiter:
Dipl.-Ök. Siegfried Seeliger
Redaktion:
Agr.-Ing., Journ. Helga Hammer, Verantwortlicher Redakteur,
Ing. Annerose Trippens und
Inge Thormeyer, Redakteure
Gestaltung: Rita Bertko
Artikelnummer 29 932
Anschrift des Verlages und der Redaktion:
1080 Berlin, Französische Straße 13/14
Sitz der Redaktion:
1080 Berlin, Hausvogteiplatz 12
Fernsprecher: 2 08 05 80 / 2 07 64 42
Telegrammadresse:
Bauwesenverlag Berlin
Telexanschluß: 112229 Trave

INHALT

СОДЕРЖАНИЕ

WWT 7 (1980)

CONTENTS

WWT (1980)

CONTENU

WWT 7 (1980)

Bezugsbedingungen: „Wasserwirtschaft – Wassertechnik" (WWT) erscheint monatlich. Der Heftpreis beträgt 3,– M; Bezugspreis vierteljährlich 9,– M.

Die Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes Buchexport zu entnehmen.

Bestellungen nehmen entgegen

für Bezieher in der Deutschen Demokratischen Republik:

Sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der VEB Verlag für Bauwesen, Berlin

für Buchhandlungen im Ausland:

Buchexport, Volkseigener Außenhandelsbetrieb der DDR – DDR - 7010 Leipzig, Leninstraße 16

für Endbezieher im Ausland:

Internationale Buchhandlungen in den jeweiligen Ländern bzw. Zentralantiquariat der DDR, DDR - 7010 Leipzig, Talstraße 29.

Alleinige Anzeigenverwaltung: DEWAG Berlin, Hauptstadt der DDR, 1020 Berlin, Rosenthaler Straße 28–31 (Fernruf: 2 36 27 15), sowie alle DEWAG-Betriebe und deren Zweigstellen in den Bezirken der DDR.

Die Preise richten sich nach der PAO 286/1.

Erfüllungsort und Gerichtsstand: Berlin-Mitte

Satz und Druck:

(204) Druckkombinat Berlin, 1080 Berlin, Reinhold-Huhn-Straße 18–25

Printed in G.D.R.

Veröffentlicht unter der Lizenznummer 1138 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik

P 321/79

Einige aktuelle Aufgaben der Wasserbewirtschaftung – abgeleitet aus der Erhöhung der Intensität der Wassernutzung

Dr. sc. techn. Dieter LAUTERBACH
Beitrag aus dem Institut für Wasserwirtschaft

Die in dem vor uns liegenden Zeitraum schwerpunktmäßig zu lösenden Aufgaben der Wasserbewirtschaftung haben ihren gesellschaftlichen Bezug in den von Partei und Regierung beschlossenen Dokumenten zur gesamtgesellschaftlichen Entwicklung und fußen auf dem durch Analysen charakterisierten Istzustand der Verfügbarkeit und des Nutzungsgrades der Wasserressourcen.

Geht man davon aus, daß die Wasserbewirtschaftung, unabhängig von ressortmäßigen Einstufungen, die Gesamtheit aller Bedingungen und Mittel zur rationellen Nutzung und zum Schutz der Wasserressourcen im Interesse der Gesellschaft und ihrer Entwicklung in sich vereint, so ist festzustellen, daß zum überwiegenden Teil ihr Aufgabengebiet von langfristig-strategischen Zielstellungen und in zweiter Linie von operativ-taktischen Aufgaben bestimmt wird. Folgerichtig orientieren sich die Arbeiten über die weitere Entwicklung auf einem Verhältnis der Menschen zur Natur, das Marx /1/ wie folgt charakterisiert: „Die Freiheit in diesem Gebiet kann nur darin bestehen, daß der vergesellschaftete Mensch, die assoziierten Produzenten, diesen ihren *Stoffwechsel mit der Natur rationell regeln, unter* ihre *gemeinschaftliche Kontrolle bringen,* statt von ihm als von einer blinden Macht beherrscht zu werden; ihn *mit dem geringsten Kraftaufwand* und unter den ihrer menschlichen Natur würdigsten und adäquatesten Bedingungen *vollziehen.*"

Die konsequente und kontinuierliche Realisierung der bereits auf dem VIII. Parteitag der SED beschlossenen Hauptaufgabe erfordert bei der Intensivierung der gesellschaftlichen Produktion, als dem Hauptweg der wirtschaftlichen Entwicklung, gleichzeitig *Maßnahmen zur rationellen Nutzung und zur Reproduktion der Wasserressourcen.* Dabei ist langfristig die Feststellung im Programm der SED von besonderer Bedeutung: „Die Natur als Quelle des Lebens, des materiellen Reichtums, der Gesundheit und der Freude der Menschen zu erhalten, rationell auf wissenschaftlicher Grundlage zu nutzen, ist notwendig, damit sie dem gesicherten und glücklichen Leben kommender Generationen in der kommunistischen Gesellschaft dienen kann." /2/

Somit bleibt das in der Direktive des IX. Parteitages der SED formulierte Grundanliegen: „... Bevölkerung, Industrie und Landwirtschaft stabil mit Trink- und Brauchwasser zu versorgen", oberstes Handlungsgebot, wobei die „stabile Versorgung" nicht nur mengenseitig, sondern auch unter dem Aspekt der versorgungsadäquaten Beschaffenheit zu sehen ist. Darauf bezogen und an Hand einer in /3/ vorgenommenen zusammengefaßten Analyse des Istzustandes, ist davon auszugehen, daß

– der Bedarf der Bevölkerung den Ansprüchen der sozialistischen Gesellschaft entsprechend abgedeckt und

– der Bedarf von Industrie und Landwirtschaft so gesteuert (Senkung des spezifischen Bedarfs) und befriedigt wird, daß die dafür einzusetzenden Fonds gesamtgesellschaftlich optimal genutzt werden.

Neben die Versorgungsfunktion tritt die Schutzfunktion. Beide Funktionen sind sowohl unter mengen- als auch unter beschaffenheitsbezogenem Aspekt zu sehen und schließen die Maßnahmen zur Abwasserbehandlung, zum Schutz und zur Reproduktion der Gewässer ein, da ohne sie bei der derzeitigen und künftigen Nutzungsintensität die Versorgungsansprüche nicht gewährleistet werden können.

Im folgenden sollen – ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben – einige Probleme behandelt werden, die auf

– eine ausgeglichene Mengenbilanz

– das Erreichen einer auf die Erhöhung der Mehrfachnutzung ausgerichteten Gewässerbeschaffenheit und

– die Nutzung verbesserter Methoden für eine objektivere Entscheidungsfindung im Rahmen der Leitung und Planung abzielen.

Vorab aber – und das wird wohl oft als zu selbstverständlich angesehen – ist festzustellen, daß die Sicherung des gegenwärtigen Versorgungsstatus oberstes Ziel sein muß. Ein schrittweiser Abbau des „status quo" – gemeint ist das Aufgeben bestehender Versorgungsanlagen meist aus Gründen sich nicht mehr eignender Gewässerqualität (z. B. Uferfiltratfassungen wegen schlechter Flußwasserbeschaffenheit, Grundwasserfassungen wegen Kontamination der Grundwasserleiter) infolge zunehmender anthropogener Beeinflussung – ist nicht nur aus ökonomischen Gründen abzulehnen, sondern führt in der Perspektive wegen der insgesamt nur begrenzt zur Verfügung stehenden Wasserressourcen ausweglos in eine „Sackgasse".

Möglichkeiten zur extensiven Erweiterung der nutzbaren Wasserressourcen

Während das insgesamt verfügbare Dargebot (potentielles Eigendargebot und Fremdzufluß) in seiner Größe relativ gut bekannt ist, und als echte zusätzliche Ressource eigentlich nur die Brackwassernutzung in begrenztem Umfange für die Bewässerung im Norden der DDR angesehen werden kann, ist eine differenzierte regionale Untersuchung zum stabilen Dargebotsanteil (Grundwasserdargebot) unbedingt vonnöten. Da eine Präzisierung über die Einschätzung der Fördermengen von Wasserwerken wegen des regionalen differenzierten Anteils an Mischwasserförderung – Uferfiltration – (fast 30 Prozent im DDR-Maßstab; im Berliner Raum z. B. fast 70 Prozent) nicht zum Ziel führt, ist die für eine intensivere Nutzung erforderliche, genauere Einschätzung flußgebietsweise anzustreben durch:

– Erweiterung der Kenntnisse zur Berechnung der Grundwasserneubildung im Lokker- und Festgesteinsbereich

– die Berücksichtigung der lateralen Transportprozesse in entsprechenden Bodenwasserhaushaltsmodellen

– eine bessere quantitative Erfassung der Austauschprozesse zwischen Oberflächen- und Grundwasser.

Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, daß regional bereits heute und zukünftig wachsend anthropogene Einflüsse nicht mehr oder nur schwer eliminiert werden können (großräumige Be- und Entwässerung, Urbanisierung, Bergbau). Eine verstärkte Untersuchung dieser Einflüsse zur Abschätzung der Größe der Auswirkungen ist unbedingt vonnöten, da bei regionalen Planungen eine Vernachlässigung zu Fehleinschätzungen führen würde.

Berücksichtigt man, daß von den bis 1990 neu zu erkundenden Vorräten nur etwa 35 Prozent natürliches Grundwasser sein werden, so kommt allen Aspekten der künstlichen Erweiterung des nutzbaren Grundwasserdargebots über die Verfahren der künstlichen Grundwasseranreicherung (GWA) erhebliche Bedeutung zu, auch wenn es sich bilanzmäßig nur um eine Umverteilung von Oberflächen- und Grundwasserressourcen handelt. Die GWA gewinnt nicht zuletzt auch deshalb an Bedeutung, weil es sich dabei um ein durch den Menschen steuerbares Verfahren handelt.

Auch wenn unter den hydrogeologischen Bedingungen der DDR – auf die hier nicht näher eingegangen werden soll – die Gewinnung tieferliegender Süßwasservorräte meist nur zeitlich begrenzt – also zur Spitzenbedarfsdeckung – erfolgen wird, stellt die Nutzung von Tagebauwässern – bekanntlich ist die Förderung statischer

Grundwasservorräte unumgänglicher Bestandteil der Abbautechnologie von Rohbraunkohle — einen gesonderten Schwerpunkt dar.

Eine weitere zu erschließende Reserve ist die Erhöhung des Anteils des regulierten Dargebots durch den Bau weiterer Speicher. Aus naturgegebenen Bedingungen ist dieser Anteil sehr gering, so daß zu den gegenwärtig verfügbaren 1,3 Milliarden m^3 maximal noch 1,7 Milliarden m^3 insgesamt erschlossen werden können. Hinzu kommt bis 1990 etwa 300 Millionen m^3 Speicherraum durch Tagebaurestlöcher, die jedoch mit Sicherheit nur zu einem Teil als bewirtschaftbar angesehen werden können. Charakteristisch für den weiteren Speicherbau ist, daß

— nur noch sehr wenige potentielle Sperrstellen den Ausbau bedeutender Speichergrößen von insgesamt etwa 600 Millionen m^3 gestatten, während

— sich der potentiell mögliche restliche Zuwachs auf viele kleine Einzelanlagen verteilt (etwa 150 Anlagen zwischen 1 und 20 hm^3), die zunehmend auch im Flachlandbereich angesiedelt sind.

Daraus ist abzuleiten:

1. Da von der Vorbereitung bis zur Fertigstellung großer Speicheranlagen etwa acht bis zehn Jahre erforderlich sind und andererseits die erforderliche beschaffenheitsseitige Sanierung der Einzugsgebiete erhebliche Mittel und auch Zeit erfordert, sind langfristige Orientierungen im Zusammenhang mit territorialplanerischen Aspekten abzuleiten.
2. Die Vielzahl kleiner Speicheranlagen — vor allem im Flachlandbereich — erfordert rationelle, möglichst wiederverwendbare Lösungen für Anlagen und Anlagenteile, wobei neuartige Probleme vor allem hinsichtlich der Gründung und Dichtigkeit auftreten.

Darüber hinaus leitet sich aus der Altersstruktur der bestehenden Stauanlagen die Notwendigkeit ab, prophylaktisch dafür Sorge zu tragen, daß die volle Funktionstüchtigkeit der bestehenden Anlagen gewährleistet bleibt. Beachtung verdient darüber hinaus der Aspekt, im Zusammenhang mit der Vorbereitung notwendiger Rekonstruktionen, an Hand einer Überprüfung aller Bemessungsgrundlagen die Frage nach der gleichzeitig möglichen Vergrößerung des Stauraumes mit zu stellen.

Streift man noch kurz das Problem notwendiger großräumiger „Umverteilungen" (Überleitung, Verbundsysteme), so ergibt sich neben der Notwendigkeit der Bereitstellung von Methoden für ökonomisch bewertbare Variantenuntersuchungen zur Entscheidungsvorbereitung, vor allem die Notwendigkeit der Beachtung beschaffenheitsmäßiger Aspekte. Die Ableitung von Wasser aus Gebieten in andere erfordert in den „Überschußgebieten" besonders günstige Bedingungen für die Reproduktion der Wasserressourcen, d. h. eine gute Gewässerqualität. Im Falle der Ableitung von Abwasser in ein anderes Gebiet ist umgekehrt immer die Frage zu beantworten, ob der dortige Beschaffenheitszustand und die Nutzungsanforderungen eine solche Maßnahme zulassen (oder ökonomisch starke Belastungen zur Folge haben) und ob das ableitende Einzugsgebiet den Entzug an Wassermenge „verträgt" oder ob durch aufwendige neue Maßnahmen die Bilanz — auch in perspektivischer Sicht — wieder ausgeglichen gestaltet werden muß. Mit dieser Problematik wird übergeleitet auf

Notwendige Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerbeschaffenheit

Die Sicherung zeitlich aufeinanderfolgender Nutzungen erfordert gesunde Gewässerökosysteme, d. h., die Erhaltung der Fähigkeit der Gewässer, sich gegenüber Schwankungen der Umweltfaktoren zu behaupten und Störungen innerhalb gewisser Grenzen (kritische Intensitäten) durch selbstregulatorische Maßnahmen zu kompensieren (biologische Selbstreinigung). Dies schließt eine künstliche Unterstützung durch den Menschen zur Aufrechterhaltung dieser Fähigkeiten ein, wenn dies infolge überhöhter Nutzungsansprüche erforderlich wird. Die Forderung nach gesunden Gewässerökosystemen trägt neben ästhetischen Gesichtspunkten einer sozialistischen Umweltgestaltung vor allem der Befriedigung der weiter steigenden Nutzungsansprüche im Interesse einer gesamtgesellschaftlich optimalen Nutzung Rechnung. Volkswirtschaftliche und ökologische Zielstellung bedingen sich gegenseitig.

Bezogen auf eine in /3/ vorgenommene Istzustandseinschätzung ist es richtig, bei der Realisierung o. g. Ziele unterschiedliche Etappen zu berücksichtigen, die in erster Linie Maßnahmen der Abwasserreinigung, in zweiter Instanz aber bereits Maßnahmen zur geschlossenen Kreislaufnutzung — speziell beim Hauptnutzer Industrie — umfassen /4/.

Die wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet des Gewässerschutzes und der Bewirtschaftung haben dabei auszugehen von:

— der Festlegung von räumlich und ggf. auch zeitlich differenzierten Sollgrößen für die Abwassereinleitung nach Quantität und Qualität unter Beachtung wasserwirtschaftlicher Folgenutzungen von Unterliegern. Auch wenn die Schwierigkeiten nicht zu übersehen sind, muß versucht werden, diese Richt- bzw. Grenzwerte durch eine gesamtvolkswirtschaftliche ökonomische Bewertung zu belegen und nicht wie bisher meist üblich, nur aus betriebsökonomischen Vergleichen herzuleiten. Die alleinige Gegenüberstellung von Aufbereitungs- und Abwasserreinigungskosten ignoriert den Umstand, daß auch der Fluß selbst — je nach seinem Beschaffenheitszustand — Abbauleistungen erbringt, die bei Hemmung oder Unterbindung der Selbstreinigungsleistung durch kostenaufwendige technische und technologische Verfahren egalisiert werden müssen.

— Dieses differenzierte Verfahren führt letztlich zu wasserlauf- bzw. flußgebietsbezogenen detaillierten Sanierungskonzeptionen und dient als Grundlage für die Erteilung weiterer Nutzungsgenehmigungen und die damit verbundenen Auflagen; hinsichtlich Abwasserbehandlungsanlagen nach Standort; Kapazität, zu erreichender Reinigungsleistung und Zeitpunkt der Inbetriebnahme. Geht man darüber hinaus von Systembetrachtungen aus, so bieten sich verbesserte Möglichkeiten der Berücksichtigung von ökonomisch vorteilhaften Varianten der

- eigenen (nutzerbezogenen) Kreislaufnutzung
- Gemeinschaftskläranlagen von Industrie, Landwirtschaft und Kommunen
- kooperativen Nutzung von Abwasser zwischen unterschiedlichen Nutzern.

— Auch wenn es im Mittel in der DDR im letzten Jahrfünft zu keiner signifikanten Veränderung bei der Einordnung der Gewässer in Beschaffenheitsklassen gekommen ist (diese Aussage gilt nicht für einige Schwerpunktgebiete), zeigt eine detaillierte Statistik, daß vor allem in den am höchsten belasteten Gewässern mehrere Belastungsfaktoren gleichzeitig wirksam sind. Diese Mehrfachbelastung hat aber zur Folge, daß nicht von vornherein überschaubare Komplexwirkungen auftreten können. Das Fehlen ausreichender Kenntnisse über die Wechselwirkungen von abiotischen und biotischen Komponentenkonzentrationen erschwert sowohl die Vorhersage zu erwartender Auswirkungen als auch die gesicherte Empfehlung für gezielte Gegenmaßnahmen.

— Viele Gewässer in Ballungsgebieten sind bereits „normal" bis an die Grenze ihrer biologischen Leistungsfähigkeit belastet, so daß für stoßweise unvorhergesehene Belastungen meist keine „Pufferzone" mehr zur Verfügung steht, d. h., es ist dem Umstand der erhöhten Havarieanfälligkeit erhöhte Beachtung auch hinsichtlich möglicher Gegenmaßnahmen zu schenken.

— Um gezielten Steuerungsmaßnahmen zum Einsatz zu verhelfen und somit Reserven erschließen zu helfen, müssen bestimmte Grenzwerte (z. B. Sauerstoffmindestgehalt 3 bis 5 mg/l) eingehalten werden. International zeichnet sich ab, daß hierbei den einzelnen technologischen Stufen und Verfahren in den Kläranlagen eine wachsende Bedeutung zukommt. Längerfristig wird dabei zu prüfen sein, ob in anderen Wirtschaftszweigen bereits im Einsatz oder in der Erprobung befindliche neue biochemische und biologische Wirkprinzipien für eine planmäßig gezielte Leistungssteigerung in Kläranlagen eingesetzt werden können. Außerdem würde auch das den Aspekt der „Steuerbarkeit" erhöhen.

— Nicht zuletzt soll darauf verwiesen werden, daß eine zunehmende Belastung der Gewässer mit Nährstoffen zu verzeichnen ist, die zum einen lokale Ursachen (Industrie, Kommunen, Tierproduktionsanlagen) haben können, zum anderen aber über einen diffusen Eintrag die Gewässer belasten und zu Folgeerscheinungen (Algenmassenentwicklung) führen, die wasserwirtschaftliche Folgenutzungen erschweren. Daß davon in zunehmendem Maße auch das Grundwasser betroffen ist — das bislang den besten Kontaminationsschutz besaß — wiegt deshalb besonders schwer, weil diese Ressourcen überwiegend der menschlichen Versorgung vorbehalten sind und außerdem kaum ökonomisch tragbare Gegenmaßnahmen für regional großräumige Verunreinigungen denkbar sind.

Da zu den speziellen Problemen der Grundwasserbeschaffenheit in /5/ einschließlich der sich für die Forschung daraus ergebenden Konsequenzen berichtet wurde und außerdem mit /6/ eine ausführliche Arbeit zur speziellen Problematik der Standgewäs-

ser vorliegt, wird auf weitergehende Ausführungen hierzu an dieser Stelle verzichtet.

Methoden für eine objektivierte Entscheidungsfindung im Rahmen der Leitung und Planung

Die Stellung der Ressource Wasser im gesellschaftlichen Reproduktionsprozeß führt dazu, daß sich sowohl aus der Sicht der Wasserwirtschaft (zweigorientiert) als auch aus der Sicht des Territoriums und der gesamten Volkswirtschaft die Komplexität erhöht und damit die Entscheidungen alle Entscheidungsebenen durchdringen.

— Flußgebiet, als Hauptebene für Ressourcenbildung, -bilanzierung und -planung und teilweise Steuerung

— davon ausgehend nach unten: Versorgungsgebiete, Werke, Betriebe und Anlagen nach oben: Verbundsysteme mehrerer Versorgungsgebiete (über Flußgebiet hinausgehend)

als den wichtigsten Ebenen zur Prozeßsteuerung und -regelung nach operativ-taktischen Grundsätzen und zur Durchsetzung von Maßnahmen zur Bedarfssteuerung nach oben: gesamtstaatliches wasserwirtschaftliches System

als der Hauptebene für die Planung nach strategischen Grundsätzen bezüglich Dargebot und Bedarf.

Besonders relevant sind und werden erkennbare strategische Entscheidungen, die zunehmend Einfluß auf die Entwicklung der gesamten Volkswirtschaft nehmen. Dabei beeinflußt die zunehmende Verflechtung die Entscheidungsproblematik. Sie zwingt zur Suche nach geeigneten Mitteln und Wegen, um den Entscheidungsprozeß zu objektivieren und ihn in stärkerem Maße zukunftsbezogen zu gestalten. *Friedrich* /7/ schreibt dazu: „Damit wächst die Forderung nach qualifizierter prognostischer Tätigkeit.", und weiter „Für die Leitung werden damit solche Methoden bedeutungsvoll, die die Prozesse besser überschaubar und beherrschbar machen und eine tiefere Begründung der Entscheidung zulassen."

Zur Realisierung dieser Forderung liefern mathematische Modelle einen entscheidenden Beitrag, auch wenn deutlich wird /7/, daß aus vielerlei Gründen (Rechentechnik, nichtstrukturierte Entscheidungssituationen, nicht oder nur schwer miteinander vergleichbare ökonomische Bewertungen) das Haupteinsatzgebiet mathematischer Verfahren auf dem Gebiet von Routine- und operativ-taktischen Entscheidungen liegt. Eine auf mehreren Anwendungsgebieten hierzu durchgeführte Analyse zeigt, daß den Aufgaben der großräumigen Bewirtschaftung, der notwendigen Feststellung der Rang- und Reihenfolge wasserwirtschaftlicher Investitionen, zur Sicherung des Schutzes vor Hochwasserschäden bei möglichst effektiver Auslastung vorhandener Grundfonds besondere Bedeutung zukommt.

Dies erfordert:

— nach einheitlichen Gesichtspunkten gestaltete, leicht koppelbare und austauschbare bzw. zumindest in ihren Ein- und Ausgabedatensätzen aufeinander abgestimmte Submodelle, die auch einzeln von einem „übergeordneten Koordinierungsmodell oder -programm" aktiviert werden können;

— die Erprobung und Festlegung der möglichen Einsatzgebiete unterschiedlicher Optimierungsverfahren. Da wegen der Mehrzwecknutzung und der Vielfältigkeit der Bewirtschaftungsziele meist Polyoptimierung vorliegt, führt bei den direkten Optimierungsverfahren die Anwendung stochastischer Verfahren zu meist nicht lösbaren Schwierigkeiten, weshalb auf die Weiterentwicklung und den Einsatz von deterministischen Optimierungsverfahren orientiert wird, bei denen die stochastischen Eigenschaften indirekt über beobachtete oder simulierte Eingangsdaten berücksichtigt werden.

— die Weiterentwicklung der jetzigen Langfristbewirtschaftungsmodelle (LBM), da sie sich trotz aufgezeigter Nachteile und Grenzen (starre Systemstruktur), Grenzen für den Detailliertheitsgrad, individuelles Modell für jedes Gebiet, geschlossenes Programmsystem u. a.) bewährt haben. Notwendige Ergänzungen erfordern die Einbeziehung von Beschaffenheitsproblemen, die Einbeziehung der Verbundbewirtschaftung von Talsperren und eine praxiswirksamere Umsetzung in Dispatcherplänen zur operativen Bewirtschaftung.

Die Ausdehnung des Einsatzbereiches auf den Flachlandbereich und die zunehmende anthropogene Beeinflussung der Durchflußreihen erfordern die Prüfung der Möglichkeiten für die Verwendung meteorologischer Größen als Eingangsdaten.

— die Entwicklung eines neuen, den LBM übergeordneten Modelltyps für Aufgaben der großräumigen Bewirtschaftung. Dabei sollen gleichzeitig die für die LBM aufgezeigten Nachteile über ein schematisches Modell mit unterschiedlicher Systemstruktur als Eingabe, die Berücksichtigung einer unterschiedlichen Detaillierung (verschiedene räumliche Maßstäbe) und einen bausteinartigen Programmaufbau berücksichtigt werden. Verbunden damit ist eine Unterordnung der teilflußgebietsbezogenen Bewirtschaftung unter die großräumige Flußgebietsbewirtschaftung.

— die Weiterentwicklung und teilweise Neuentwicklung von Modellen und Programmen zur operativen Vorhersage und teilweisen Steuerung, wobei die Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit, die schrittweise Erhöhung der Vorhersagegrößen und Steuerungsparameter und die Ausweitung des Anwendungsbereiches auf die Gewässerbeschaffenheit (Schadstoffhavarien) im Vordergrund stehen;

— Die Ausrichtung der Ökosystemmodellierung für Standgewässer auf die Probleme der vorausschauenden Berechnung unterschiedlicher Sanierungsverfahren und des Langzeitverhaltens.

— die Weiterentwicklung des anlagenorientierten „Ständig arbeitenden Grundwasserleitermodells (SAM)" und des daraus abgeleiteten „Kontroll- und Steuerungsprogrammes (KSP)" auch für mittlere und kleinere Wasserwerke. Gleichzeitig ist das Regionalmodell so weiterzuentwickeln, daß über rationelle digital-analytische Simulationsverfahren ein Programmsystem entsteht, dessen Bausteine auch eine Kopplung mit den Flußgebietsmodellen für die Oberflächengewässer gestatten.

Die Arbeitsrichtungen für die mathematische Modellierung von Beschaffenheitsproblemen im Grundwasser sind in /5/ ausgewiesen.

Zur wachsenden Bedeutung analytischer Tätigkeit

Wie bereits mehrfach hervorgehoben, führen die steigenden Bedürfnisse der sozialistischen Gesellschaft und die untrennbar damit verbundene Intensivierung der industriellen und landwirtschaftlichen Produktionsprozesse objektiv

— zu einer Erhöhung der Intensität der Wassernutzung

— zur Intensivierung der wasserwirtschaftlichen Produktions- und sonstigen Arbeitsprozesse.

Intensivierung erfordert einerseits tiefgreifende — in das Detail gehende — und andererseits umfassende Kenntnisse über alle am Intensivierungsprozeß beteiligten Faktoren (Prozeßanalyse). Das heißt, wenn die vorstehend genannten methodischen Möglichkeiten zur rationelleren Gestaltung der Prozesse der Wasserbewirtschaftung voll genutzt werden sollen, dann wachsen Art, Menge und Detailliertheitsgrad der benötigten Informationen. Diesem objektiven Erfordernis wird die gegenwärtige analytische Tätigkeit — an der Spitze das Meßwesen — nicht gerecht. Hier liegt unbestritten eine Unterschätzung vor, obwohl klar sein müßte, daß das Aufdecken von Reserven und Schwachstellen ein planmäßig, zielgerichtetes Arbeiten in der Gegenwart und Zukunft und die Ableitung ökonomisch begründeter Optimallösungen nur auf der Grundlage einer gewissenhaften und umfassenden Analyse möglich ist, wenn Fehlentscheidungen vermieden werden sollen.

Die Haupterfordernisse für die Weiterentwicklung des Meßwesens — sowohl im Gewässer als auch in den Betrieben — lassen sich in folgenden Hauptthemen zusammenfassen:

— Das Wassermeßwesen muß sowohl auf das Gewässer als auch auf wichtige Betriebsprozesse der Wassernutzung (unabhängig von der Rechtsträgerschaft) ausgerichtet sein und durchgängig bis zur Datenverarbeitung und -speicherung als Ganzes entwickelt und auf den jeweiligen Verwendungszweck ausgerichtet werden. Dabei ist jede Datengewinnung möglichst so anzulegen, daß die gewonnenen Informationen multivalent nutzbar sind.

— Meßnetzkonzeptionen für betriebliche Messungen und für Gewässer sind zwar nach einheitlichen Grundsätzen unter unbedingter Wahrung der Vergleichbarkeit der gewonnenen Daten und nach einheitlichen methodischen Prinzipien und Vorschriften zu entwickeln, ansonsten aber dem jeweiligen Zweck und den daraus abzuleitenden Genauigkeitsanforderungen anzupassen.

— Um den Aufwand für die Datengewinnung und die daraus abzuleitenden Aussagen in ein richtiges Verhältnis zu setzen, sind die meßtechnischen Möglichkeiten, die Voraussetzungen zur Weiterverarbeitung und die Möglichkeiten zur Realisierung der Ergebnisse vorher zu prüfen.

— Die Datengewinnung ist als einheitliches System, basierend auf stationären (automatischen und nichtautomatisierten) Meßstationen, mobilen Messungen in situ (Fahrzeug, Boot) und Laboruntersuchungen zu konzipieren.
Sollen jedoch alle erforderlichen Maßnahmen zum Ziel führen, so ist als wichtige Voraussetzung eine richtige Grundeinstellung aller Beteiligten zu den steigenden Erfordernissen der Datengewinnung und -verarbeitung zu beziehen. Das heißt, es muß sich die Erkenntnis durchsetzen, daß das, was in die Informationsgewinnung und Analyse nicht investiert wird, wegen ungenügender Entscheidungsgrundlagen mehrfach, sowohl im Planungs- und Investitionsgeschehen als auch im Prozeß der operativen Leitung ausgegeben wird.

Es bleibt abschließend festzustellen, daß zwei sehr wichtige Problemkreise in der vorliegenden Arbeit nicht angesprochen werden, da ihrer Wichtigkeit und Kompliziertheit wegen eine detailliertere Behandlung erforderlich gewesen wäre. Es sind dies die Maßnahmen zur Reduzierung des Wasserbedarfs und der Wasserverluste in der Produktionssphäre und die Probleme der Wasserressourcen als Voraussetzung für vergleichende gesamtvolkswirtschaftliche Betrachtungen.

Literatur

/1/ *Marx, K.:* Das Kapital, Band 3. Dietz Verlag, Berlin 1969
/2/ *Marx, K.:* Programm der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands. IX. Parteitag der SED. Dietz Verlag, Berlin 1976
/3/ *Lauterbach, D.:* Die Entwicklung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse der DDR und daraus abgeleitete Schlußfolgerungen für die Wasserbewirtschaftung. Dissertation B, TU Dresden 1979
/4/ *Borodawtschenko, I. I., Tolstischin, O.:* Wasserressourcen: rationelle Nutzung und Schutz. Kommunist, Moskau, 1975, 14
/5/ *Lauterbach, D.:* Bedeutung der Migrationsforschung für den Schutz und die intensivierte Nutzung der Grundwasserressourcen der DDR. Beiträge zur Wiss.-Konf. „Simulation gekoppelter Transport-, Austausch- und Umwandlungsprozesse im Boden- und Grundwasser“, TU Dresden, Nov. 1979
/6/ *Klapper, H.:* Möglichkeiten und Effektivität der Sanierung von Talsperren und Seen. Dissertation B, TU Dresden 1978
/7/ *Friedrich, G.:* Ökonomische Entscheidungen im Blickpunkt der Leitungswissenschaft. Spektrum 10 (1976)

Erfinderische Ergebnisse aus der geplanten Neuerertätigkeit

Dr. oec. Bernhard LIDZBA, KDT
Beitrag aus dem Zentralen Büro für die Neuererbewegung, des Schutzrechts- und Lizenzwesens

Eine Voraussetzung für die Erfüllung unseres Wirtschafts- und Sozialprogramms liegt in der zielgerichteten Leitungs- und Planungstätigkeit durch Wissenschaft und Technik, um hohe und stabile Wachstumsraten zu gewährleisten und das Verhältnis von Aufwand und Leistung auf allen Gebieten entscheidend zu verbessern. /1/ 80 bis 90 Prozent der Steigerung der Arbeitsproduktivität sind durch die Überleitung von neuen Erkenntnissen aus Wissenschaft und Technik in die Praxis zu sichern. Das bedingt eine vorauseilende Entwicklung der Wissenschaft zur Technik und der Produktion zu sichern, die in folgender Beziehung darzustellen ist.

$$\frac{dS}{dt} > \frac{dT}{dt} > \frac{dP}{dt}$$

S = Wissenschaft
T = Technik
P = Produktion
d = Zuwachs
t = Zeit

Dadurch wird gesichert, daß alle Bedingungen für den ökonomischen und sozialen Fortschritt in der Gegenwart vorhanden und zugleich für eine langfristige und stabile Entwicklung gegeben sind. Vor allem werden durch die vorauseilende Entwicklung von Wissenschaft und Technik alle qualitativen Wachstumsfaktoren zur Intensivierung der gesellschaftlichen Produktion geschaffen, die im Prozeß der Leitung und Planung der Zyklus Wissenschaft — Technik — Produktion in seiner Breite und Vielfalt umgehend produktionswirksam gemacht werden müssen, damit Wissenschaft und Technik zu einer unmittelbaren Produktivkraft werden.

Das Ergebnis sind:
- die effektive Nutzung der natürlichen Ressourcen
- die Intensivierung der Produktion und die Erhöhung seiner Effektivität
- die Entwicklung neuer Erzeugnisse, Vorrichtungen und Verfahren mit hoher Qualität und Effektivität
- die Entwicklung der materiell-technischen Basis der Volkswirtschaft und
- das Erreichen neuer Erkenntnisse sowie die Qualifizierung der Kader und Facharbeiter.

Die Sicherung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts als Grundlage für die Erhöhung der Effektivität der Arbeit ist jedoch nicht nur durch eine allgemeine Orientierung auf die Entwicklung und Nutzung der Forschungs- und Entwicklungskapazitäten gegeben, obwohl sie den entscheidenden Beitrag vor allem bei der Erkundungs- und Grundlagenforschung zu leisten haben. „Die steigenden Ansprüche an die Forschung und Entwicklung verlangen, insbesondere erfinderische Leistungen nachhaltig zu fördern. Unsere Partei hat das schöpferische Wirken der Erfinder und Neuerer stets als ein erstrangiges Anliegen unserer sozialistischen Gesellschaft gewürdigt“ /2/ und darauf Einfluß genommen, daß ihr geistig-schöpferisches Potential wirksam für das volkswirtschaftliche Leistungsniveau eingesetzt wird.

Bedingungen für eine effektive Neuerertätigkeit in den Betrieben und Einrichtungen

Der Anteil der Erfindungen, die ihren Ursprung in der geplanten Neuerertätigkeit haben, ist von der Anzahl und dem Verhältnis zu denen, die aus der Forschung und Entwicklung resultieren, in den VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung (VEB WAB) und den Wasserwirtschaftsdirektionen (WWD) unterschiedlich. Er entwickelte sich wie folgt:

Tafel 1: Prozentualer Anteil der Erfindungen aus der geplanten Neuerertätigkeit

Jahr	Prozent aller Erfindungen
1976	70,0
1977	31,5
1978	45,0

Diese Erfindungen entstanden zum größten Teil sporadisch. Ihr Anteil schwankt und unterliegt keiner Gesetzmäßigkeit. Die beim Amt für Erfindungs- und Patentwesen der DDR (AfEP) als Patent angemeldeten Erfindungen kommen nicht immer aus den gleichen Betrieben und Einrichtungen. Dabei ist festzustellen, daß in den Betrieben und Einrichtungen, in denen ingenieurtechnische oder andere Kader tätig sind, die schon wiederholt Erfindungen zur Anmeldung hinterlegt haben, wie z. B. im VEB WAB Berlin, die Anzahl der Anmeldungen höher liegt als in denen, die selten erfinderische Leistungen erreicht haben.

Da es in keinem der VEB WAB und in keiner WWD Forschungs- und Entwicklungskapazitäten gibt, ist man teilweise der Meinung, daß es nicht notwendig ist, plan-

mäßig nach erfinderischen Leistungen zu streben. Man begnügt sich vorwiegend mit der erforderlichen Zuarbeit zu geplanten Forschungs- und Entwicklungsaufgaben für das Institut für Wasserwirtschaft, das Forschungszentrum oder andere Kooperationspartner. Im Plan Wissenschaft und Technik — TOM-Plan — sind vorwiegend Überleitungsaufgaben enthalten, die aus der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit anderer Bereiche oder aus der geplanten Neuerertätigkeit anderer Bereiche oder aus der geplanten Neuerertätigkeit des eigenen Betriebes resultieren.

Die Leitungstätigkeit ist aber bei der Entfaltung von schöpferischen Initiativen nicht nur darauf zu richten, daß die Intensivierung einseitig durch die sozialistische Rationalisierung in Einheit mit der ständigen Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen (§ 2, Absatz 1 der NVO) bzw. die Einführung von Ergebnissen aus Forschung und Entwicklung und Neuerungen erfolgt, sondern daß durch sie zugleich selbst ein Beitrag zur Weiterentwicklung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts geleistet wird. Die Bedingungen dazu sind objektiv durch das gestiegene Bildungsniveau aller Beschäftigten, die zunehmende Berufs- und Betriebserfahrung und die Zunahme der geplanten Neuerertätigkeit gegeben.

Das Qualifikationsniveau liegt im Rahmen der anderen Bereiche der Volkswirtschaft. Fast jeder fünfte Beschäftigte verfügt über eine abgeschlossene Fach- oder Hochschulausbildung. Damit verfügen diese Betriebe und Einrichtungen über eine beträchtliche Anzahl wissenschaftlich-technisch ausgebildeter Kader. Ihre Kenntnisse vervollkommnen und erweitern sie durch das Selbststudium, den Besuch von fachlichen und gesellschaftlichen Schulen sowie die Produktionspraxis.

Aus der Anzahl der im Bereich der Volkswirtschaft tätigen ingenieurtechnischen und anderen wissenschaftlich ausgebildeten Kader und der Anzahl der beim AfEP angemeldeten Patente läßt sich keine Kennziffer oder ein Vergleich zu anderen Bereichen ableiten. Diese Kennziffer bezieht sich ausschließlich auf die in Forschung und Entwicklung tätigen Kader. Bezogen auf die Hoch- und Fachschulkader der Betriebe und Einrichtungen des Ministeriums für Umweltschutz und Wasserwirtschaft würde es bedeuten, daß im Jahre 1978 auf je 100 dieser Hoch- und Fachschulkader 0,14 erfinderische Leistungen angemeldet wurden. Die geplante Neuerertätigkeit entwickelt sich in den Betrieben und Einrichtungen der Wasserwirtschaft ständig weiter und wird auf die entscheidenden Schwerpunkte der Intensivierung der Produktion gerichtet. Sie hat sich wie folgt entwickelt:

Tafel 2: Anzahl der geplanten Neuerungen und Anteil der sozialistischen Gemeinschaftsarbeit in den Betrieben und Einrichtungen der Wasserwirtschaft

Jahr	Anzahl der geplanten Neuerungen	Anteil der sozialistischen Gemeinschaftsarbeit (Prozent)
1976	1 540	18,5
1977	1 326	20,6
1978	1 558	23,6

Bezogen auf je 100 geplante Neuerungen kamen 1976 0,5 im Jahr 1977 0,45 und im Jahr 1978 0,58 Erfindungen zur Anmeldung.

Mit den Planentwürfen für das Jahr 1979 wurden erstmals 1 235 thematische Aufgaben und 268 MMM-Aufgaben eingereicht, so daß die Gesamtzahl der geplanten Neuerungen weiter steigen wird. Die geplante Neuerertätigkeit ist, ausgehend von den Voraussetzungen und Bedingungen, objektiv eine solide Basis für erfinderische Leistungen. Sie ist aber planmäßig qualitativ weiterzuentwickeln.

Die beim AfEP hinterlegten Erfindungen betreffen Erzeugnisse, Verfahren und Technologien. In der Mehrzahl handelt es sich um eine Weiterentwicklung des Standes der Technik, mit der Bedarfslücken geschlossen werden, die nicht immer durch zentrale Forschungs- und Entwicklungskapazitäten abzusichern sind. Der Vorteil ist, daß dadurch ein Bedarf abgedeckt wird und eine schnelle Überleitung von Ergebnissen in die Praxis gegeben ist. Der Zyklus Wissenschaft — Technik — Produktion wird effektiv und schnell geschlossen. Eine Anwendung dieser Erfindungen ist überwiegend durch den Bau von zweig- und betriebstypischen Rationalisierungsmitteln bzw. durch die Realisierung geplanter Investitionen gegeben.

Der gesellschaftliche Nutzen dieser Erfindungen ist vielfältig und wird (Bild 1) durch schnelle ökonomische Verwertung wirksam gemacht.
Die Analyse der Anzahl der erfinderischen Leistungen aus der geplanten Neuerertätigkeit in den Betrieben und Einrichtungen der Wasserwirtschaft macht es notwendig, diesen Prozeß zielstrebig zu leiten und zu planen.

Diese Leitungsaufgabe ist grundsätzlicher Art, denn „je besser es uns gelingt, die Neuererbewegung als wesentliches Potential unserer Gesellschaft planmäßig und rechtzeitig in die Lösung der durch den Plan gestellten Aufgaben zur Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts einzubeziehen, desto höhere Ergebnisse wird sie zeitigen.“ /3/ Die Bedingungen sind dazu mit dem Neuererrecht und anderen rechtlichen Regelungen gegeben. Der Beschluß des Ministerrates über Maßnahmen zur Förderung der Erfindertätigkeit vom 02. März 1978 unterstützt diese Tätigkeit.

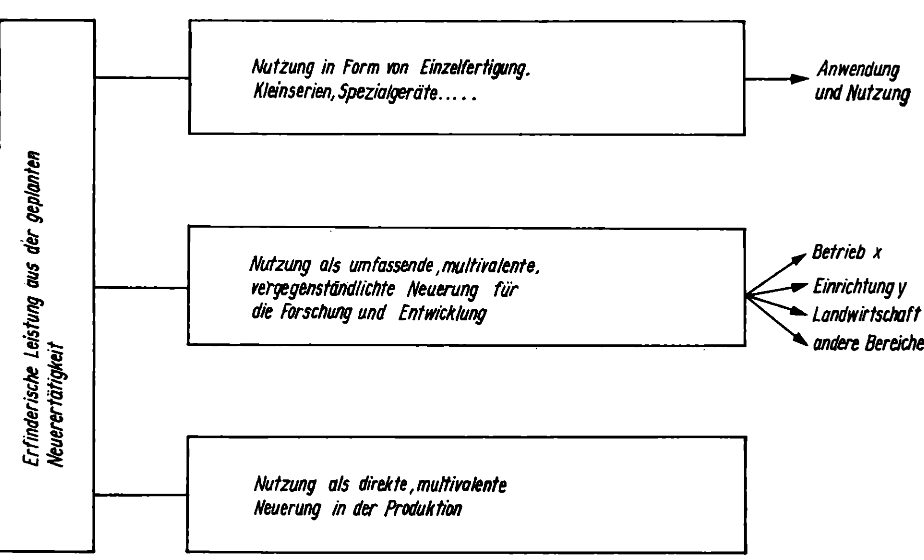
Anforderungen an erfinderische Leistungen aus der geplanten Neuerertätigkeit

Die Stimulierung von Erfindungen aus der geplanten Neuerertätigkeit stellt an die Leitung und Planung von Wissenschaft und Technik in den VEB WAB und WWD höhere Anforderungen. Das sichert zugleich, daß der Anteil von sporadischen Erfindungen zurückgeht und vor allem die vorhandenen Potenzen für das Erreichen eines wissenschaftlich-technischen Vorlaufes sowohl in der Hauptproduktion als auch für die Produktion von zweigtypischen Rationalisierungsmitteln optimal genutzt werden.

Das hat zu erfolgen durch
— das Herausarbeiten von Schwerpunkten für die geplante Neuerertätigkeit im Fünfjahrplanzeitraum auf der Grundlage der Entwicklung von Wissenschaft und Technik zur Intensivierung des Reproduktionsprozesses
— das Ausarbeiten von objektkonkreten Intensivierungs- und Rationalisierungsaufgaben in den Jahresplänen, die durch Neuererleistungen zu realisieren sind
— das Stellen höherer Anforderungen an das schöpferische Leistungsniveau der Neuerer
— die Schulung der ingenieur-technischen Kader und bewährten Neuerer zum wissenschaftlich-technischen Rechtsschutz
— die Nutzung der geplanten Neuerertätigkeit für die Ausarbeitung von Aufgabenstellungen nach § 13 (1) der NVO, um sowohl das wissenschaftlich-technische Niveau der Leistungen als auch das ökonomische Ergebnis zu erhöhen
— die moralische und materielle Stimulierung der erfinderischen Leistungen und
— die schnelle Überleitung der Erfindungen in die Produktion.

Das Herausarbeiten der themengebundenen Schwerpunkte für die geplante Neuerertätigkeit hat mit der gleichen Intensität und


Bild 1



Gründlichkeit zu erfolgen, wie die derjenigen für die einzelnen Forschungs- und Entwicklungsaufgaben. Das erfordert weiterhin, auf der Grundlage von Weltstandsanalysen zu Wissenschaft und Technik von vornherein festzulegen, bei welchen Aufgaben erfinderische Leistungen möglich sind.

Auf Grund der Spezifik dieser Aufgaben sind die Anforderungen entsprechend hoch zu stellen, damit die Neuerer von vornherein auf die Lösungen orientiert werden, die ein hohes wissenschaftlich-technisches Niveau haben. Hierbei ist davon auszugehen, daß diese Leistungen kein Ersatz von Forschungs- und Entwicklungsaufgaben sind, sondern mit ihnen wesentliche Reserven erschlossen werden. Diese Aufgaben müssen mit den Hauptrichtungen der Intensivierung übereinstimmen. Sie sind von den zuständigen Fachdirektoren bzw. den verantwortlichen Stellvertetern direkt auszuarbeiten. Hinzuzuziehen sind erfahrene Neuerer, Erfinder und Produktionsarbeiter. In der Verteidigung des Planes Wissenschaft und Technik vor dem Direktor sollten diese Aufgaben einen wesentlichen Schwerpunkt bilden. Sie müssen aber auch den vorhandenen Möglichkeiten und seiner Entwicklung entsprechen. Denn sowohl eine Unterforderung als auch eine Überforderung kann die Entwicklung schöpferischer Initiativen hemmen.

Die geplante Neuerertätigkeit ist zur Schaffung von Voraussetzungen für erfinderische Leistungen zu nutzen. Ein Teil der thematischen Aufgaben sollte so gestellt werden, daß, nach § 13 (1) der NVO, Ziel- und Aufgabenstellungen zur Weiterentwicklung und Neuentwicklung von Erzeugnissen, Verfahren und Technologien erarbeitet werden, die der Transformation gesellschaftlicher und betrieblicher Erfordernisse entsprechen, die die Lösung dieser Aufgaben zu persönlichen Anliegen der Neuerer werden lassen und die im Ergebnis erfinderische Leistungen zum Inhalt haben. Diese Möglichkeit ist überwiegend noch nicht erkannt und ist deshalb konsequenter zu nutzen. Damit ist zugleich der Vorlauf für thematische Aufgaben mit hohem wissenschaftlich-technischem Niveau zu erreichen, die die erfinderischen Leistungen stimulieren.

Erfindungen auf der Basis geplanter Neuerertätigkeit sind im jeweiligen Betrieb oder in der betreffenden Einrichtung moralisch und materiell zu stimulieren. Die moralische und materielle Anerkennung der Erfinder soll ihn, aber auch andere zu höheren Leistungen anregen. Sie unterstützt zugleich die Durchsetzung des Leistungsprinzips. Der Erfinder ist als Persönlichkeit zu fördern und zu entwickeln. Seine Erfahrungen sind in den Plandiskussionen, Neuerer- und Intensivierungskonferenzen u. a. Veranstaltungen zu fordern und zu fördern. In der „Straße der Besten“ und in den Kabinetten sollte sein Porträt einen würdigen Platz haben. Insbesondere sind solche Leistungen hervorzuheben, die über die Bewegung MMM erreicht werden und in denen der schöpferische Anteil der Jugendlichen hoch ist. Die materielle Stimulierung hat entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen zu erfolgen und kann im BKV noch zusätzlich aufgeführt werden, wenn besondere Schwerpunkte zu lösen sind. Wichtig ist vor allem, daß der Erfinder und Neuerer seine materielle Anerkennung nach entsprechender Bestätigung sofort bekommt.

Es geht nicht nur darum, erfinderische Leistungen anzumelden, sondern zugleich auch zu sichern, daß die Ergebnisse schnell in die Produktion übergeleitet werden. Das ist sowohl ein wichtiges ökonomisches Erfordernis als auch eine Bestätigung der Nützlichkeit dieser Leistung, die zugleich moralisch stimulierend wirkt. Denn das Erfolgserlebnis des Neuerers und Erfinders wird zu einer wichtigen Triebkraft des wissenschaftlich-technischen Schöpfertums.

Erfindungen aus der geplanten Neuerertätigkeit sind auch unter erzieherischen und sozialen Gesichtspunkten zu sehen, wie

— der Weiterentwicklung der sozialistischen Gemeinschaftsarbeit zwischen Produktionsarbeiter und Intelligenz
— der Nutzung des erzieherischen Faktors, Erfinder zu sein
— der Herausforderung zu Schöpfertum in breitem Umfang
— der gesellschaftlichen und fachlichen Qualifizierung der Beschäftigten und
— das Erkennen von Fähigkeiten zur Leitung von Kollektiven, der Leitung von wissenschaftlich-technischer Arbeit und der schnellen Überleitung deren Ergebnisse in die Produktion als Grundlage für die Auswahl, die Förderung und den Einsatz von Kadern.

Neben diesen Aufgaben ist es notwendig, die Kollektive, die noch über wenig Erfahrungen in der Durchführung von wissenschaftlich-technischen Aufgaben haben, so anzuleiten, daß sie in der Lage sind, erfolgreich zu wirken. Dazu gehören vor allem die Information über den Stand von Wissenschaft und Technik, die Bereitstellung von spezieller Literatur, die Unterstützung bei der Patentrecherche, die Ausarbeitung von Erfindungsanmeldungen und Erfindungspässen als Grundlage für die Sicherung der Schutzrechte im In- und Ausland sowie die zielgerichtete Qualifizierung der betreffenden Werktätigen. Außerdem sollten zu Beginn der Arbeit erfahrene Kader in diese Kollektive delegiert werden, damit diese in die Lage versetzt werden, die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse entsprechend der Nomenklatur der Arbeitsstufen und Leistungen von Aufgaben des Planes Wissenschaft und Technik zu erarbeiten. Die Betriebssektion der KDT hat in der Qualifizierung zur Befähigung zur wissenschaftlich-technischen Arbeit und in der Organisierung der sozialistischen Gemeinschaftsarbeit einen Schwerpunkt ihrer Arbeit zu sehen. Es sind weiterhin die Voraussetzungen dafür zu schaffen, daß diejenigen Kollektive, die im Ergebnis der geplanten Neuerertätigkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit erfinderische Leistungen erwarten lassen, von vornherein vom BfN oder Patentingenieuren unterstützt werden.

Es geht darum, daß wissenschaftlich-technische Schöpfertum, die Entwicklung der Fähigkeit der Menschen und das Voranbringen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in ihrer dialektischen Einheit zu gewährleisten. Dazu sind in der sozialistischen Produktionsweise die besten Voraussetzungen gegeben. Heute hat, wie die Ergebnisse zeigen, die Neuerer-, Rationalisatoren- und Erfinderbewegung solch einen Umfang erreicht, daß sie sich in ihrer politischen und ökonomischen Wirkung zu einer bedeutenden gesellschaftlichen Kraft für die Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in unserem Lande entwickelt hat. /4/ Das erhöht auch die Verantwortung der Leitungskader in den VEB WAB und WWD zur Schaffung aller materiell-technischen Bedingungen, daß aus der geplanten Neuerertätigkeit die Anzahl der erfinderischen Leistungen planmäßig steigt, durch deren multivalente und massenhafte Nutzung sowie unverzügliche ökonomische Verwertung ein hoher Zuwachs zum Nationaleinkommen erreicht wird und zugleich Erkenntnis-, Informations-, Bildungs- und sozialökonomische Effekte realisiert werden.

Literatur

/1/ Direktive des IX. Parteitages der SED, S. 17

/2/ *Hager, K.:* Aus dem Bericht des Politbüros an das ZK der SED. Dietz Verlag, Berlin 1977, S. 23

/3/ *Heinze, H.:* Praxis, Potenzen und Perspektiven der Neuererbewegung. Einheit, Heft 5/1979, S. 515

/4/ *Tisch, H.:* Beratung des Sekretariats des Bundesvorstandes des FDGB mit den Vorsitzenden der FDGB-Kreisvorstände. Tribüne Nr. 218 vom 3. 11. 1978

Internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit beim Bau des Staustufensystems Gabčikovo-Nagymaros

Dr. sc. techn. O. HASZPRA
Stellvertretender wissenschaftlicher Direktor des Forschungszentrums für Wasserwirtschaft VITUKI, Budapest

Nach jahrelangen intensiven Forschungs- und Projektierungsarbeiten, die auf einigen Gebieten vor fast drei Jahrzehnten begannen, haben die ungarische und die tschechoslowakische Regierung im September 1977 ein Abkommen über den Bau und die Nutzung des Staustufensystems Gabčikovo-Nagymaros unterzeichnet. Die Forschungs- und Projektierungsarbeiten sind noch im Gange, doch haben die Bauarbeiten bereits begonnen. Dieses Staustufensystem ist ein hervorragendes Beispiel für die gute Zusammenarbeit von Wissenschaftlern und Ingenieuren verschiedener Länder.

Die transeuropäische Wasserstraße Donau—Main—Rhein

Das Staustufensystem Gabčikovo-Nagymaros ist ein Teil der transeuropäischen Wasserstraße Donau—Main—Rhein, die die über acht Länder (UdSSR, VR Bulgarien, SRR, Ungar. VR, ČSSR, Jugoslawien, Österreich, Bundesrepublik Deutschland) durchquerende Donau und das fünf Länder (Bundesrepublik Deutschland, Niederlande, Belgien, Frankreich, Schweiz) berühende Main—Rhein—System eine unmittelbare Verbindung zwischen Rotterdam und Sulina, also zwischen der an den Atlantischen Ozean anschließenden Nordsee und dem Schwarzen Meer ermöglicht. Andere Binnenwasserverzweigungen des Systems führen in Gebiete der Deutschen Demokratischen Republik, der Volksrepublik Polen und der Sowjetunion. Die Schaffung der transeuropäischen Wasserstraße betrifft die Binnenschiffahrt eines Gebietes, in dem annähernd die Hälfte der Bevölkerung Europas lebt. Auch die westeuropäischen Staaten, ferner alle Länder des Mittelmeerraumes liegen im Einzugsbereich dieser Wasserstraße. Schließlich können von allen die transeuropäische Wasserstraße berührenden Staaten alle Seehäfen oder größere Flußhäfen der Welt erreicht werden.

Daraus ergibt sich eine günstige Auswirkung auf die Wirtschaft einiger europäischer Staaten — sowohl eine Ausweitung der Handelsbeziehungen als auch der politischen und kulturellen Beziehungen zwischen Staaten unterschiedlicher politischer Gesellschaftsordnung. Es ist zu erwarten, daß sich mit dem verstärkten Handel ein weiterer Touristen-Schiffsverkehr ergeben wird.

In diesem Beitrag soll ein Überblick über die wissenschaftliche und technische Forschung im Zusammenhang mit dem Bau der Wasserstraße gegeben werden.

Das Staustufensystem Gabčikovo-Nagymaros

Wenn in einigen Jahren die Donau mit dem Rhein-Main-System verbunden sein wird, werden noch nicht alle Hindernisse einer völligen Nutzung der transeuropäischen Wasserstraße behoben sein. Die Donau hat noch Strecken, die nicht jederzeit schiffbar sind, deren Fahrwassertiefe z. B. bei Niedrigwasser nicht allen Anforderungen der Schiffahrt genügt.

Die für die Schiffahrt schwierigste Strecke der Donau am Eisernen Tor wurde bereits in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts durch Ungarn reguliert und über Unterwassersprengungen ein schiffbarer Kanal in den Felsen gehauen, wobei aber das Treideln der Schiffe notwendig blieb. Erst unlängst wurde von Rumänien und Jugoslawien die erste Staustufe am Eisernen Tor dem öffentlichen Verkehr übergeben. Damit wurden — neben der Produktion von elektrischem Strom — auch die Schiffahrtsschwierigkeiten in diesem Abschnitt behoben.

Am österreichischen Abschnitt der Donau wurde zwischen den beiden Weltkriegen mit dem Bau von Staustufen, der auch der Schiffahrt Erleichterungen brachte, begonnen. Der Ausbau dieses Systems wird bald beendet sein. An der jugoslawisch-rumänischen bzw. bulgarisch-rumänischen Donaustrecke sind ebenfalls Staustufen vorgesehen. Für den Bau der Staustufe II am Eisernen Tor ist bereits ein Abkommen zwischen Rumänien und Jugoslawien abgeschlossen worden.

Derzeit ist das westliche Drittel der ungarisch-tschechoslowakischen Grenzstrecke der ungünstigste Abschnitt. Hier fließt die Donau auf einem alten Schuttkegel innerhalb des Karpatenbeckens. Die Schiffahrtsrinne kann nur über ständige Regulierungs- und Baggerarbeiten freigehalten werden. Außerdem erwies sich durch das Hochwasser 1954 am ungarischen Ufer bzw. 1965 am tschechoslowakischen Ufer, daß die spezielle geologische Schichtung umfangreiche Arbeiten für die Abwendung der Hochwassergefahr erforderlich machen.

Sowohl die Schiffahrt als auch der erfolgreiche Hochwasserschutz, die Stromerzeugung und Wasserversorgung sowie das Erholungswesen werden an dieser Strecke durch das Staustufensystem Gabčíkovo-Nagymaros begünstigt.

Dieses Staustufensystem besteht grundsätzlich aus drei Großanlagen, ferner aus einem Stausee, aus Flußbettregulierungs- und Hochwasserschutzanlagen.

Stromab von Bratislava in 30 km Entfernung wird die Donau-Staustufe Dunakiliti errichtet. Ein 60 km^2 großer Speicher wird bis Bratislava eingestaut. Von diesem zweigt auf tschechoslowakischer Seite der Werkkanal zur Staustufe Gabčíkovo ab mit einer Wasserführung von 5 200 m^3/s zum Kraftwerk und zur Doppelschleuse. In der Spitze leistet das Kraftwerk 7 200 MW. Die beiden Schiffschleusen können je ein Schubschiff und 6 Schleppkähne aufnehmen.

Von der Staustufe Gabčíkovo wird das Wasser über den Unterwasserkanal in das alte Donaubett zurückgeführt.

Das Wehr Dunakiliti (Bild 1) wird — abgesehen von einem ständigen Durchfluß von 50 bis 100 m^3/s zur Speisung des alten Donauarmes — nur bei Donauabflüssen von mehr als 5 200 m^3/s geöffnet. Durchschnittlich alle 100 Jahre kann der Donauabfluß 10 600 m^3/s überschreiten, und nur dann ist die Wasserführung des alten Donaubettes größer als jene des Werkkanals Gabčíkovo.

Nördlich von Budapest wird die Staustufe Nagymaros (Bild 2) errichtet, in der Wehr, Kraftwerk und Zwillingsschleuse zu einem Bauwerk zusammengefaßt sind. Das Kraftwerk leistet in der Spitze 158 MW.

Da der ungarische und der tschechoslowakische Staat die Kosten für das ganze System zu gleichen Teilen aufbringen, wird auch der erzeugte Strom zu gleichen Teilen bereitgestellt.

Forschungsarbeit für das Staustufensystem Gabčíkovo-Nagymaros

Die Idee für den Bau dieses Staustufensystems hatten ungarische und tschechoslowakische Forscher bereits in den 50er Jahren. Anfang der 60er Jahre wurden zur Koordinierung der Forschungen und zum Austausch von Erfahrungen systematisch gegenseitige Konsultationen begonnen und ausgebaut. Besonders intensiv wurden diese Beziehungen nach 1974, als die Leistungsfähigkeit der Volkswirtschaften beider Länder sich so entwickelt hatte, daß der Bau des Staustufensystems immer aktueller wurde. Zur Gestaltung der Projekte und ihrer Einordnung in die komplexe Nutzung der Donau haben übrigens Experten aus der Sowjetunion von Anfang an wesentlich beigetragen, auch die zuständigen Organe des RGW. Zur Zeit der Unterzeichnung des Projekts über den Bau des Staustufensystems im Jahre 1977 war die außerordentlich intensive Forschung bereits so weit gediehen, daß die Forscher den Projektanten fast alle erforderlichen Unterlagen zur Ein-

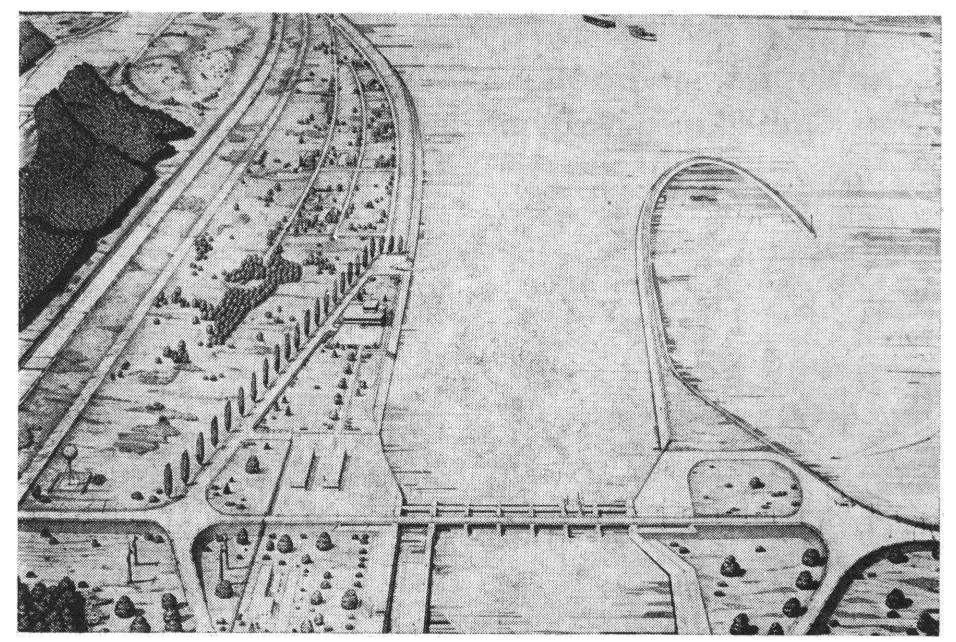


Bild 1

arbeitung in die Projekte übergeben haben.

Die Forschungstätigkeit war sehr vielseitig. Zum überwiegenden Teil wurde sie von tschechoslowakischer Seite im VÚVH Bratislava, von ungarischer Seite durch VITUKI Budapest vorgenommen. Außerdem wurden in beiden Ländern zahlreiche Forschungsinstitute eingeschaltet.

Die hydrologischen Daten wurden von beiden Partnern verarbeitet, ebenso moderne stochastische Methoden, die mit verschiedener Wahrscheinlichkeit zu erwartenden Abflüsse und Spiegellagen der Donau bestimmt, einschließlich der durch den nicht permanenten Betrieb der Wasserkraftwerke verursachten Einflüsse. Die geologische Erschließung konnte getrennt vorgenommen werden, doch hat man sich über die Ergebnisse gegenseitig konsultiert. Die hydraulischen und anderen Forschungen für die Staustufe Gabčíkovo und den Werkkanal wurden von der tschechoslowakischen Seite, jene für Nagymaros durch die ungarische Seite ausgeführt, jeweils mit Konsultation und Zustimmung des anderen Partners. Die Prüfung der hydraulischen Probleme der Staustufe Dunakiliti und des Stauraumes Dunakiliti-Hrušov gilt als vorbildliche Gemeinschaftsarbeit zwischen zwei sozialistischen Staaten. Das Modell der Staustufe wurde zwar in Budapest gebaut, jenes des Stauraumes hingegen in Bratislava, die Wechselwirkung zwischen beiden konnte jedoch nur durch Übergabe der gegenseitigen Forschungsergebnisse und koordinierte Änderungen berücksichtigt werden. In dieser Hinsicht haben die Forscher von VITUKI und VÚVH eine ausgezeichnete Zusammenarbeit geleistet.

Besonders die hydraulischen Forschungen für das Wehr Dunakiliti waren am mannigfaltigsten und unentbehrlich, so daß im folgenden einige Details dargelegt werden sollen.

Huydraulische Untersuchungen des Wehres Dunakiliti

Im Bereich des Wehres Dunakiliti schlängelt sich die Donau auf einem mehrere hundert Meter mächtigen Schuttkegel, der überwiegend aus Kiessand besteht. Auf Grund dessen beeinflußt der Stau Strömung und Spiegel des Grundwassers wesentlich, was — ohne entsprechende Eingriffe — die Landwirtschaft, das Bauwerk und die Umwelt im allgemeinen schädigen könnte.

Während des Eisabtriebs im Winter, ferner bei Hochwasser ist das Gerinne stromab vom Wehr überaus starken hydraulischen Belastungen ausgesetzt. Da mehrere tausend Kubikmeter Wasser in 5 bis 10 m in der Sekunde tief herabstürzen, sind überaus kräftige Sturzböden und Sicherungen des Flußbettes erforderlich.

Bei Inbetriebnahme des Bauwerks kann der Speicherraum und somit die Einfahrt in den Wehrkanal Gabčíkovo wegen Kontrollprüfungen und Ausbesserungsarbeiten noch nicht völlig gefüllt sein, so daß die Schiffahrt über eine zusätzliche kleinere Schiffschleuse beim Wehr Dunakiliti erfolgt. Die stark eingeschnürte Zuströmung aus dem breiten Speicher zur Schleuse erfordert besonders ausgestaltete Molen zur Sicherheit der Schiffahrt und auch zur Unterbindung von Betterosion bzw. Verladung durch Geschiebe.

Von den größeren Aufgaben sind noch zwei bauliche Probleme hervorzuheben.

Das Bauwerk wird im Deichvorland gebaut, wobei der Fluß in ein neues Bett umgeleitet und das alte Bett abgeriegelt wird. Das bedingt eine Einengung des Hochwasserbettes. Auch die Zufahrtstraße für Materialtransporte erschwert die Hochwasserableitung. Um übermäßigen Hochwasserstau zu vermeiden, wird in die Zufahrtstraße eine Brücke eingegliedert, deren wirtschaftliche Größe über Modellversuche ermittelt wurde.

Die Abriegelung des alten Bettes führt zu einem verhältnismäßig raschen Anstieg des Oberwassers. Da auch hier mit einer Abflußmenge von 2 000 m^3/s zu rechnen ist, mußte die Methode der Abriegelung ebenfalls durch Modellversuche bestimmt werden.

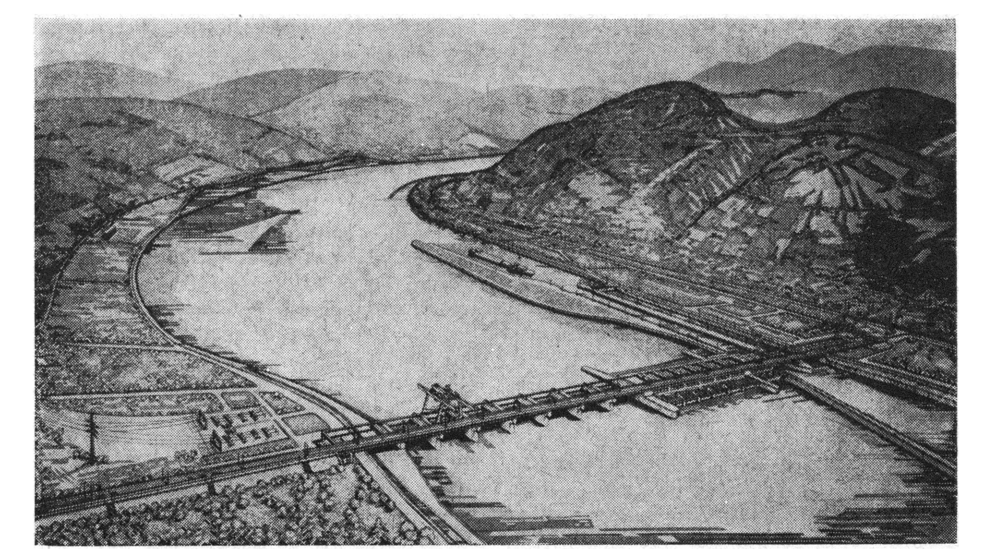
Sickeruntersuchungen

Sickerprobleme treten bereits während des Baues auf. Werden die Baugrubenumschließungen durch Deiche vom Hochwasser freigehalten, dann sind an der Luftseite 10 m^3/s Wasser über eine Brunnengalerie zu entfernen, um die Baugrube trocken zu halten. Später wird im Boden ein undurchlässiges Becken eingebaut und unter dessen Schutz der Aushub vorgenommen. Zu dieser Zeit genügt bereits eine kleinere Pumpenleistung. Die Untersuchungen wurden in vielen Varianten an einem Analogiemodell mit Elektrolyt durchgeführt.

Nach Fertigstellung des Bauwerkes wird der Stauspiegel um 13 m über dem Unterwasserstand liegen, so daß infolge der großen Durchlässigkeit der Bodenschichten — besonders anfangs, solange noch keine Kolmation des Bodens eingetreten ist — mit beträchtlichen Sickermengen zu rechnen ist. Die Analogieuntersuchungen mit Elektrolyt haben ergeben, daß in der Anfangsperiode auch ohne Öffnen des Wehres die gewünschte Abflußmenge in das verlassene Donaubett einsickern wird. Diese Sickermenge wird dann später zurückgehen. Über ein zweidimensionales mathematisches Modell wurde ermittelt, wie das Grundwasser in der weiteren Umgebung des Stausees bei Hochwasser den Wasserstandsänderungen



Bild 2



im verlassenen Donaubett folgen wird bzw. ob eine für die Landwirtschaft schädliche Grundwassersenkung eintritt. Da nach dieser Untersuchung das Grundwasser ziemlich schnell reagiert, wurden für kritischere Fälle dreidimensionale Analogieuntersuchungen mit Elektrolyt vorgenommen und hiermit die Effektivität bzw. die erforderlichen Abmessungen der gegen hohen Grundwasserstand vorgesehenen Sickergräben bestimmt.

Modelluntersuchungen der sich um das Bauwerk im Flußbett abspiegelnden Erscheinungen

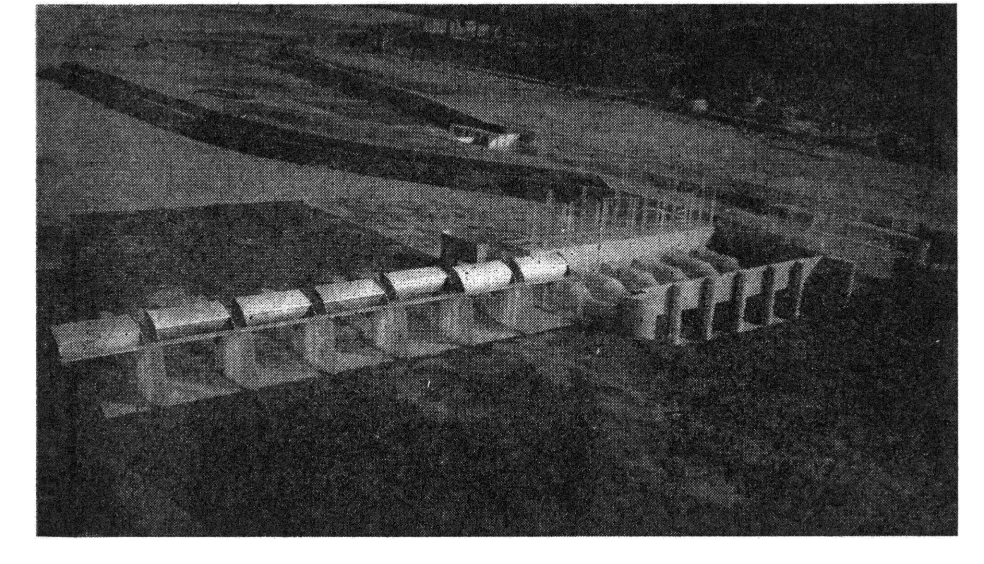
Im Winter friert die Stauraumfläche über dem Bauwerk zu. Beginnt das Tauwetter in Österreich, dann kann an der Donau der Eisabtrieb eintreten, bevor die Eisdecke im Stauraum aufgerissen ist. Die an die Eisdecke stoßenden Schollen können aufeinander gelangen, den Bettquerschnitt absperren und bei Bratislava ein Hochwasser verursachen. Als Vorbeugung wird — auf Grund von hydrometeorologischen Vorhersagen — das Eis im Stauraum in der Breite des ursprünglichen Donaubettes, beginnend vom Bauwerk, durch Eisbrecher gebrochen und durch zeitweilige Öffnung des Wehres zum Abtrieb gebracht, so daß das aus Österreich bei Bratislava bereits frei abtreibt.

Der Eisabtrieb erfolgt, indem drei Wehrverschlüsse (von insgesamt 7) eine halbe Stunde lang ganz geöffnet werden und eine Abflußmenge von 3 000 m^3/s das durch Eisbrecher gelockerte Eis abführt. Die gewaltige kinetische Energie des herabstürzenden Wassers bei 8 bis 10 m Spiegelunterschied ist besonders gefährlich, solange der Überfallstrahl nicht die gesamte Breite des Bettes einnimmt, und erfordert außerordentliche Befestigungen. Die Wassermassen werden über 5,6 oder alle 7 Wehröffnungen abgelassen und erstrecken sich somit vom Anfang an auf beinahe die gesamte Bettbreite, der Unterwasserspiegel ist höher und die Anschwellung nicht stoßartig. Trotzdem besitzt der Durchfluß von 5 000 bis 6 000 m^3/s auch in einiger Entfernung vom Bauwerk noch eine große kinetische Energie und erfordert eine starke Bettbefestigung. Nach einer speziell gestalteten Schwelle mit flach ansteigendem Sturzboden aus Stahlbeton müssen auf Grund der Modellversuche Betonblöcke von 1 m^3 (etwa 2,5 t) Größe ins Gerinnebett versenkt und darüber Steinblöcke von 50 cm Höhe geworfen werden. Das Bett wird nur anfangs zusammenhängend mit Steinblöcken bestreut, danach nur in Streifen. Zwischen diesen Streifen spült das Wasser das ursprüngliche Bettmaterial fort, die Steinblöcke rollen auf der entstehenden Böschung herunter und verhindern eine weitere Zerstörung. Diese Lösung ist sehr wirtschaftlich, weil trotz der etwa 10 m ausmachenden Ausspülungstiefe die Unterspülung nicht zum Bauwerk vordringen kann. Wollte man die Bettausspülung gänzlich verhindern, dann hätte man die Bettsohle kilometerlang mit Steinen bestreuen müssen.

Besonders wichtig ist der Hochwasserstau des Bauwerkes. Bei Hochwässern verschiedener (100-, 1 000- oder 10 000jähriger) Wahrscheinlichkeit ist — auf Grund von möglichen Havarien — nicht immer mit der Betriebsfähigkeit von allen Wehrverschlüssen zu rechnen. Auch bei teilweiser oder voller Öffnung der Wehranlage ist ein Stau vorhanden und auch erforderlich, doch darf ein gewisses Maß nicht überschritten werden, weil hierdurch die Deiche des Stauraumes unwirtschaftlich stark ausgestaltet werden müßten und eventuell auch bei Bratislava ein unzulässig hoher Hochwasserspiegel eintreten würde.

Diese Untersuchung erforderte die Modellierung des gesamten Donauabschnitts von der Wehranlage bis Bratislava. Da das Modell in Budapest (Bild 3) im Maßstab 1:100 keine klaren Aussagen dieser mehr als 30 km langen Strecke gestattet hätte, wurde in Bratislava die gesamte Strecke in horizontalem Maßstab 1:200 und im Höhenmaßstab 1:70 aufgebaut. Dieses war aber wiederum nicht für die Untersuchung der Erscheinungen in der unmittelbaren Nähe des Bauwerkes geeignet. Somit haben ungarische und slowakische Forscher gegenseitig ihre Daten verwendet. Im Modell in Budapest wurde das Wasser mit einer Geschwindigkeitsverteilung gespeist, die im Modell der slowakischen Forscher 2 km stromauf vom Wehr jenen Wasserspiegel als Ausgangspunkt genommen haben, der sich im ungarischen Bauwerksmodell ergeben hat.

Bild 3



Ausbildung des Wehrverschlusses

Für die statische Bemessung der Wehrverschlüsse wurden in Budapest Modellversuche vorgenommen und dabei die Elastizität der Konstruktionen berücksichtigt bzw. die durch Strömung verursachten Vibrationen ermittelt. Die Stoßwirkung durch Eisschollen wird z. Z. noch untersucht. Ähnliche Untersuchungen laufen auch in Bratislava für die Verschlüsse des Füll-Entleersystems der Schiffschleuse Gabčíkovo und der Schleusentore.

Inbetriebsetzung des Staustufensystems Gabčíkovo-Nagymaros

Die an der Forschung teilnehmenden ungarischen und tschechoslowakischen Kollegen können bereits dem Bau des Staustufensystems beiwohnen. Die im Januar 1978 bei Dunakiliti in Angriff genommenen vorbereitenden Arbeiten gehen zügig voran. 1986 wird bereits Gabčíkovo und 1989 Nagymaros elektrischen Strom erzeugen. Die letzte Turbine soll 1990 in Betrieb gehen.

Die wissenschaftliche Kooperation läuft natürlich weiter, denn unter den neuen Verhältnissen werden wahrscheinlich heute nicht absehbare Änderungen in der Umwelt und Wasserqualität eintreten. Um schädlichen Tendenzen Einhalt zu gebieten, sind nicht nur gemeinsame Maßnahmen zu deren Ergründung, sondern auch gemeinsame Untersuchungen erforderlich. Die erfolgreichen neuen gemeinsamen Forschungen sind durch die bisherigen Erfahrungen gesichert.

Zur mathematisch-statistischen Analyse und zur regionalen Verallgemeinerung des Schwebstofftransports fließender Gewässer

Dr.-Ing. Dieter FÜGNER, KDT
Beitrag aus der Wasserwirtschaftsdirektion Obere Elbe–Neiße

Infolge der Grenzstellung des Schwebstofftransportes zu den Wissenschaftszweigen Hydrologie — Geologie — Morphologie — Pedologie — Hydromechanik und vor allem infolge seiner Komplexität der kausalen Zusammenhänge zwischen Wasserführung (Feststofführung) und den übrigen naturräumlichen Bedingungen wurde die Problematik relativ wenig untersucht und stellt gewissermaßen einen „Grauen Fleck" in der hydrologischen und wasserbaulichen Forschung und Praxis dar.

Entsprechend dem Durchflußregime spricht man vom Feststoffregime, da die Änderung der transportierten Feststoffmenge eigenen Gesetzmäßigkeiten gehorcht. Das Feststoffregime wird durch drei Komponenten gekennzeichnet — das Geschiebe, den Schwebstoff und den Schwimmstoff. Die Definitionen besagen, daß Geschiebe Feststoffe sind, die durch das Wasser an der Gewässersohle mitgeführt werden, daß Schwebstoffe als ungelöste Stoffe im Wasser schwebend transportiert werden und daß Schwimmstoffe als Feststoff auf dem Wasser schwimmen. Unter Feststofführung versteht man die Masse der Feststoffe, die in der Zeiteinheit im Gewässerquerschnitt vom Wasser mitgeführt wird in (kg/s), (g/s). Durch den hohen Anteil des Schwebstoffes von 90 bis 98 Prozent an der Feststofführung fließender Gewässer begründet, erstreckte sich die Untersuchung nur auf diese Komponente des Feststoffregimes.

Ziel war, für Meßstellen in Flüssen eines Beispielgebietes die funktionellen Zusammenhänge zwischen Schwebstoff und Durchfluß zu ermitteln sowie für mittlere Schwebstoffkennzahlen regionale Verallgemeinerungen zu treffen. /1/ Als Testgebiet wurde das 3 876 km² große Einzugsgebiet der Nebenflüsse der Elbe ausgewählt, das verschiedene naturräumliche Einheiten repräsentiert:

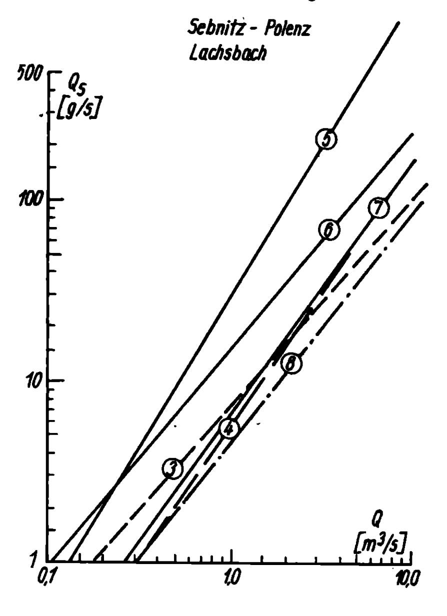
- den Sächsisch-thüringischen Mittelgebirgsgürtel mit dem Osterzgebirge
- das Sächsische Hügelland mit dem Westlausitzer Hügelland, der Lausitzer Platte, dem Elbsandsteingebirge, der Dresdner Elbtalweitung, dem Kreischa-Freitaler Becken, dem mittelsächsischen Lößlehmgebiet, der Lommatzscher Pflege, dem Oschatzer Hügelland
- das Nordsächsische Heideland mit der Dahlener Heide

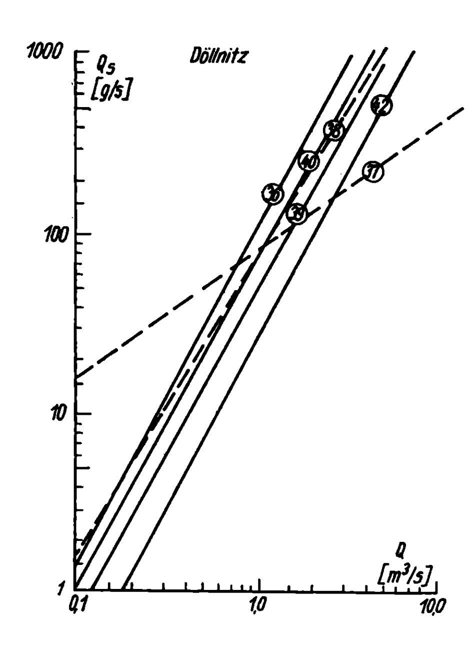
Das Gebiet wird im Süden westlich der Elbe durch den Kamm des Erzgebirges, östlich durch das Elbsandsteingebirge begrenzt, die Begrenzung im Westen erfolgt durch das Einzugsgebiet der Mulde. Im Osten schließt sich das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster an, während nach Norden hin das Einzugsgebiet der Dahle die Fläche abschließt.

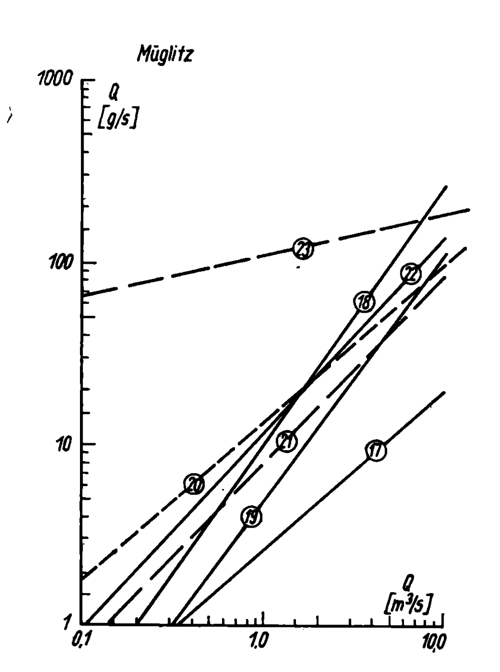
Die Schwebstoffmeßergebnisse wurden an 40 Gütepegeln, verteilt auf 15 Flüsse, aus dem Beobachtungszeitraum 1960 bis 1967 mit durchschnittlich 75 Werten gewonnen. Außerdem wurden in drei Flüssen unterschiedlicher Durchflußcharakteristik je eine Schwebstoffbasisstation an Pegeln 1. Ordnung eingerichtet und seit 1968 gemessen.

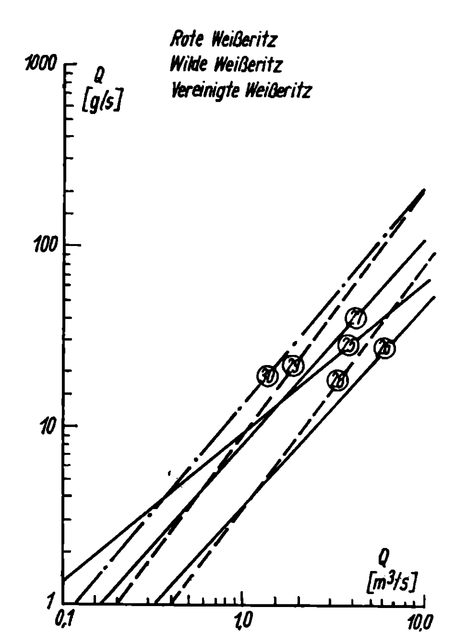
Thematisch gliedert sich die Untersuchung in zwei Hauptabschnitte

Bild 1 Schwebstoffunktion der Flußgebiete









— die punktförmige Datenanalyse
— die regionale Verallgemeinerung

Punktförmige Datenanalyse
Für alle 40 Schwebstoffmeßstellen und die drei Schwebstoffbasisstationen wurden die funktionellen Zusammenhänge zwischen Schwebstoff und Durchfluß mit mathematisch-statistischen Methoden untersucht.

Als geeignete Regressionsgleichung zwischen Durchfluß und Schwebstofführung erwies sich die nach der Methode der kleinsten Quadrate errechnete Potenzfunktion

$Q_s = a \cdot Q^b$

deren logarithmische Transformation $lg\ Q_s = lg a + b \cdot lg Q$ mit mathematisch-statistischen Methoden als normalverteilt und linear charakterisiert wird.

Als Signifikanzniveau wählte man generell $\alpha = 0{,}05$, wobei man in Grenzfällen zur Ursachenermittlung $\alpha = 0{,}01$ heranzog.

Zunächst wurden die empirischen Verteilungen der Schwebstofführung mittels Kolmogorov-Test auf Normalverteilung geprüft und bestätigt. Danach wurden in einem Test auf Unabhängigkeit der Merkmale, einem T-Test, alle Stichprobenkorrelationskoeffizienten den Zufallshöchstwerten der Korrelationskoeffizienten gegenübergestellt.

Es ergab sich, daß
80 Prozent aller $r_{xy} > 0{,}5$
52 Prozent aller $r_{xy} > 0{,}6$
sind.

Je geringer der Einfluß anthropogener Singularitäten ist, desto günstiger ist das korrelative Verhalten. Stationen ohne merkliche anthropogene Beeinflussung haben $r_{xy} > 0{,}75$. Nach den beiden vorangegangenen Tests wurden die Regressionslinien mittels Varianzanalyse auf Linearität geprüft.

Damit waren die mathematisch-statistischen Voraussetzungen für die Annahme des Regressionstyps $lgQ_s = lga + b \cdot lgQ$ erfüllt.

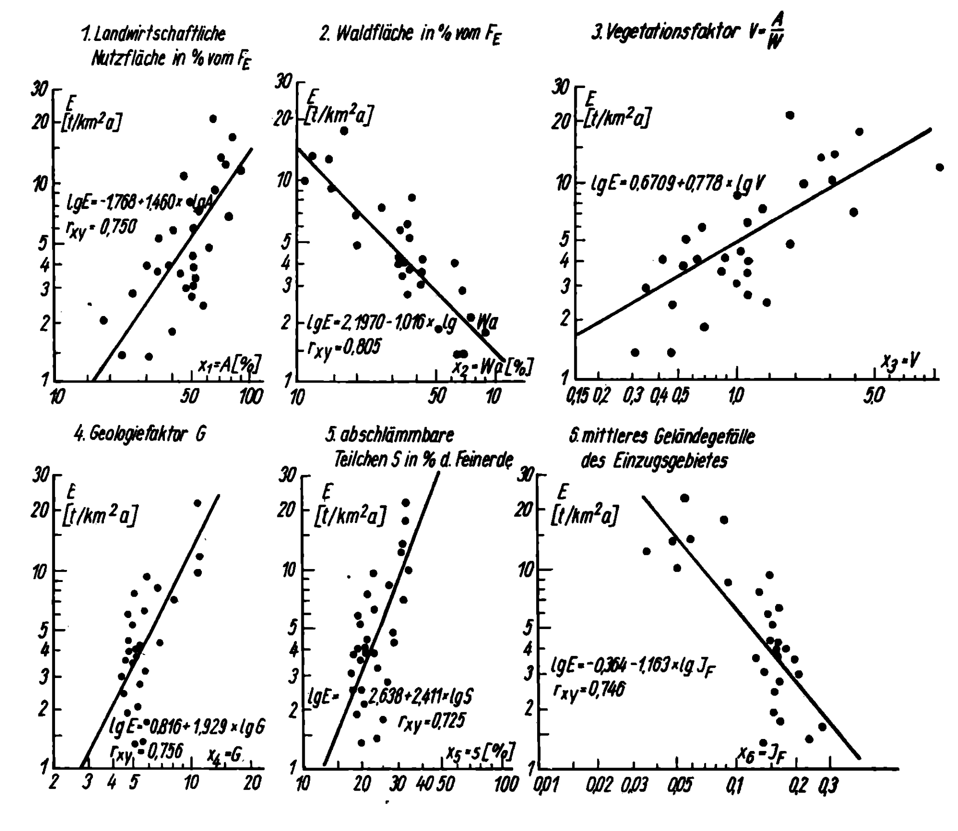
Nun schloß sich ein Vergleich der Regressionsgeraden der einzelnen Schwebstoffmeßstellen an. Verglichen wurden die Stationen im Längsschnitt jedes Flusses und repräsentative Regressionslinien der Flüsse untereinander als mathematisch-statistische Grundlage für die regionale Betrachtung zur Ermittlung der Ursachen signifikanter Unterschiede. Der Vergleich der Regressionsgeraden besteht aus drei Tests, wobei der folgende die Nichtablehnung der Nullhypothese des vorangegangenen Tests bedingt: Zunächst werden die Reststreuungen der Geraden mit einem F-Test geprüft, dann folgt die Prüfung der Regressionskoeffizienten (T-Test), der sich die Prüfung der Konstanten, ebenfalls mit T-Test, anschließt. Werden alle drei Hypothesen nicht abgelehnt, so kann angenommen werden, daß die Regressionsgeraden nur zufällig voneinander abweichen.

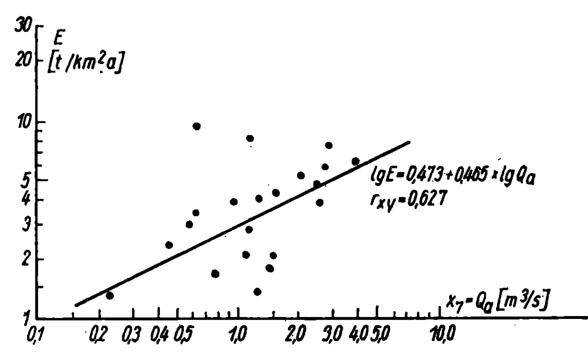
Das Ergebnis bestand also im Nachweis signifikanter Unterschiede und Zufälligkeiten. Anthropogen beeinflußte Meßstellen wurden selektiert. Bild 1 rechts oben veranschaulicht am Beispiel der Döllnitz das Längsschnittverhalten. Sechs Stationen erlauben eine intensive Längsschnittanalyse. Die Korrelationskoeffizienten sind relativ hoch mit $r_{xy} > 0{,}65$ bis auf die Station Nr. 37, oberhalb Mügeln, die unterhalb eines Einleiters (Kaolingewinnung) liegt. Bei dieser Regressionsgeraden ist auch die Steigung flacher als eins ($b = 0{,}67$). Interessant ist die sich anschließende Sedimentationsstrecke, die die Neigung wieder fast auf die natürlichen Verhältnisse der Station Nr. 36 bringt. Diese Strecke geht bis oberhalb Oschatz. Die Stadt und andere noch zu untersuchende Faktoren verändern die Charakteristik so, daß sich die Regressionsgeraden des Unterlaufes (Nr. 39, 40, 42) und die des Oberlaufes (Nr. 36, 38) nicht wesentlich unterscheiden.

Die in der Längsschnittanalyse eindeutig erkannten künstlich beeinflußten Meßstellen wurden für die Flußgebietsanalyse ausgeklammert und die anderen Stationen nochmals durch Vergleich der Geraden getestet.

19 Stationen von 13 Flüssen wurden einer weiteren Prüfung unterzogen (Bild 2). Landschaftsbedingte Kombinationen von mehreren Regressionsgeraden deuteten auf Zusammenhänge hin, die bei der sich anschließenden regionalen Analyse weiter untersucht und präzisiert werden konnten (Bild 3).

Bild 2 Einfachregressionen Schwebstoffabtrag — Geofaktoren





Regionale Verallgemeinerung

Als repräsentative regionale Feststoffkennzahl wurde der Schwebstoffabtrag E/t/km² · a in die Betrachtung eingeführt. Er wurde für alle 40 Schwebstoffmeßstellen aus den Regressionsbeziehungen als langjähriger Mittelwert und für das Jahr 1963 als repräsentatives Trockenjahr mit 10- bis 25jähriger Wiederkehr berechnet. Für die regionale Betrachtung kamen 31 Stationen in Frage, bei denen keine anthropogene Beeinflussung unmittelbar bekannt war und die mathematisch-statistisch keine Abnormitäten darstellten, so daß „natürliches" Verhalten angenommen werden konnte.

Die potentielle Schwebstofführung der Flüsse wird durch die hydraulische Förderfähigkeit des Wassers begrenzt. In Wirklichkeit wird dieser Grenzfall nur selten auftreten, da die komplexen hydrologischen Vorgänge im Einzugsgebiet maßgebend sind und den effektiven Schwebstoffvorrat der Flüsse liefern. Flächen- und Gewässererosion sind die maßgebenden Feststoffquellen, zu denen in stark genutzten Gewässern der

anthropogene Schwebstoffeintrag infolge Abwassereinleitung kommt.

Als entscheidend für den Erosionsprozeß werden die geologischen Verhältnisse, die Bodenarten, die Vegetation, das Relief und das Abflußgeschehen angesehen.

Bei der Auswahl der Geofaktoren wurde davon ausgegangen, daß sie regional darstellbar und der Praxis zugänglich sind. Sie wurden dem Agrar-Atlas, topografischen Karten, dem NAU-Atlas, gewässerkundlichen Hauptzahlen und dem Gewässerlaufverzeichnis entnommen.

Es wurden 11 Geofaktoren einzeln zum Schwebstoffabtrag korreliert. Drei Faktoren beschrieben die Vegetation, zwei die Geologie, vier die Morphologie und zwei das mittlere Durchflußverhalten (Bild 2).

Während acht Faktoren direkte Größen sind, wurden der Vegetationsfaktor V, der Geologiefaktor G und ein orografischer Faktor P aus diesen Größen abgeleitet.

Die Korrelationskoeffizienten der Bedekkungsfaktoren, der geologischen Faktoren und des mittleren Geländegefälles liegen mit $r_{xy} > 0{,}7$ günstig.

Zur Kennzeichnung der Bodenbedeckung wurden Wald, Wiese und Acker unterschieden und in Prozent der Einzugsgebietsfläche dargestellt. Die von Wald bedeckten Flächen wurden aus topografischen Karten planimetrisch ermittelt. Aus dem Agrar-Atlas der DDR ist der Anteil des Grünlandes in Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche zu entnehmen. Von diesen Faktoren wurden drei in Abhängigkeit zum Schwebstoffabtrag untersucht, die Ackerfläche in Prozent des Einzugsgebietes als erosionsbegünstigender Faktor, der Waldanteil als erosionshemmendes Merkmal und der Quotient aus der Ackerfläche und der Summe der Wald- und Wiesenfläche, der als Vegetationsfaktor V bezeichnet wurde.

Grundlage für die Ermittlung geologieabhängiger Faktoren ist der Agrar-Atlas für das Gebiet der DDR.

Unter den verschieden gestalteten Übersichtskarten im Maßstab 1:200 000 werden u. a. die geologische Entstehung, die Hauptbodenarten und die Zustandsstufe regional dargestellt. Nach der geologischen Entstehung wird in Verwitterungsboden, Lößablagerungen und pleistozän bzw. holozän entstandenen Boden unterschieden.

Die Einteilung der Körnungsarten (Bodenarten) erfolgte bei der Bodenschätzung nach dem Gehalt der abschlämmbaren Teilchen (Bodenteilchen $< 0{,}01$ mm) in Prozent der Feinerde. Der verwendete Geologiefaktor G ist der Quotient aus den abschlämmbaren Teilchen in Prozent der Feinerde und den Zustandsstufen der Böden.

Die Zustandsstufen beinhalten die Leistungsfähigkeiten des Bodens, die Alterungsstufen, die Entwicklungsstufen der Verwitterungsböden und die Entwicklungs- bzw. Alterungsstufen der Schwemmlandböden. Sie prägen also das Gesamtbild der Bodenentwicklung auf der Stufe ihrer Leistungsfähigkeit in der Gegenwart. Mittleres Geländegefälle und Durchfluß brauchen nicht näher erklärt zu werden.

Die Richtungen der Geraden der Einfachregression drücken die kausalen Zusammenhänge zwischen den Geofaktoren und dem Schwebstoffabtrag E aus (Bild 2). Bei Zunahme des Anteils der Ackerfläche nimmt E zu, bei Erhöhung des Waldanteils E ab.

Im Zähler des Vegetationsfaktors V stehen die erosionsbegünstigenden Elemente, bei Vergrößerung des Quotienten wächst auch E. Der Geologiefaktor G drückt das Verhältnis des Anteils der abschlämmbaren Teilchen in Prozent der Feinerde (S) zu den Zustandsstufen aus. Gute Zustandsstufen und hoher Anteil von S lassen E anwachsen.

Die Neigung der Regressionsgeraden des Gefälles läßt bei oberflächlicher Betrachtung den Schluß zu, daß mit steigender Neigung der Schwebstoffabtrag E abnimmt.

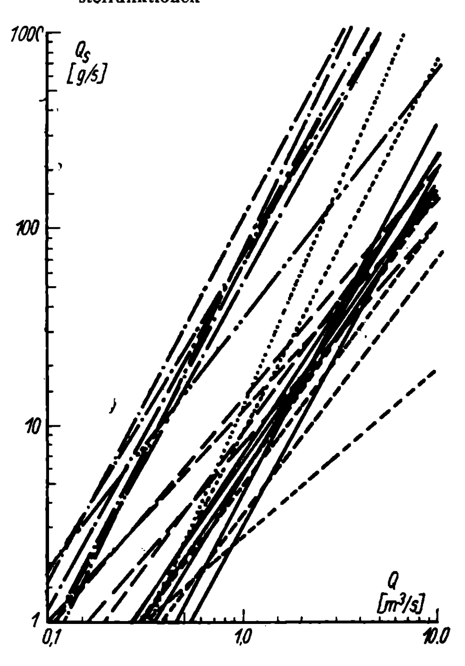
Das ist jedoch widersinnig und kommt dadurch zustande, daß im Mittelgebirge bei großen Neigungen andere erosionshemmende Faktoren wie die Vegetation wirksamer werden, im Flach- und Hügelland die erosionsbegünstigenden Ackerflächen überwiegen. Deshalb sind solche Untersuchungen bei vergleichbaren Gebieten erforderlich.

Auch der oberirdische Abfluß ist als erosionsverursachender Faktor (effektiver Niederschlag) und als hydraulisches Maß des Transportmittels wesentlich.

Durch einfache Regressionen lassen sich Zusammenhänge korrelativ nach der Güte auslesen, der Grad des Zusammenhanges reicht jedoch infolge des komplexen Zusammenhanges des Schwebstoffabtrages von den Geofaktoren noch nicht aus. Deshalb wurde mittels Mehrfachregression versucht, die optimale Verknüpfung der einzeln untersuchten Geofaktoren zum Schwebstoff zu erreichen.

Aus 19 Geofaktoren-Kombinationen ergab sich folgende allgemeine Regressionsgleichung:

Bild 3 Zusammenstellung der natürlichen Schwebstoffunktionen



$$E = m \cdot V^{\alpha} \cdot G^{\beta} \cdot Q_a^{\gamma} \cdot J_F^{\vartheta}$$

Sie enthält

einen Vegetationsfaktor $V = \dfrac{A}{W_a + W_i}$

einen Geologiefaktor $G = \dfrac{S}{Z}$

den mittleren Jahresdurchfluß Q_a

und das mittlere Geländegefälle J_F

Für den mittleren natürlichen Schwebstoffabtrag des Testgebietes lautet die Mehrfachregression

$$\overline{E}_m = 1{,}600 \cdot V^{0{,}577} \cdot G^{0{,}554} \cdot Q^{0{,}169} \cdot J_F^{-0{,}017}$$

bei einem multiplen Korrelationskoeffizienten $R = 0{,}817$

Mit Hilfe dieser Gleichung ist es möglich, bei mittlerer Abweichung von 32 Prozent für nichtbeobachtete Gebiete aus den Geofaktoren den mittleren natürlichen Schwebstoffabtrag zu berechnen. Abgeleitet wurde diese Gleichung für Einzugsgebiete des Mittelgebirges und des Hügellandes mit Größen zwischen 15 km² und 400 km².

Die geringsten Schwebstoffwerte treten im Gebiet des Elbsandsteingebirges auf, das aus turonen Sandsteinen der Kreideformation aufgebaut und über 80 Prozent mit Wald und Wiese bedeckt ist. Klimatisch liegt es günstiger als das Obere Osterzgebirge, das durch widerstandsfähigeren Grauen Biotitgneis gebildet und teilweise durch Eruptivgestein überdeckt wird. Infolge größerer Höhenlagen und der klimatisch bedingten beschleunigten Aufbereitung des Gesteins ist der Erosionsbetrag dort größer, wo die ackerbauliche Nutzung bis in die Kammlage reicht. Sind dafür die Bedingungen weniger geeignet, wie es nach Westen hin zutrifft und die Bedeckung in Wiesen- und Waldflächen übergeht, nimmt auch die Erosionstätigkeit ab. Spezifische Besonderheiten ergeben sich durch Abraumhalden als Folgeerscheinungen des Bergbaues, die stark erosionsbeschleunigend wirken und anthropogen beeinflußbar sind. Mit der Abnahme der orografischen Erhebungen nach Norden zu, begünstigen die klimatischen Verhältnisse den Ackerbau. Der Waldanteil sinkt unter 20 Prozent. In gleichem Maße treten auch leichter zerstörbare Gesteine auf und erhöhen den Schwebstoffabtrag.

Aus den Aussagen für das Trockenjahr 1963 wurde der „mittlere minimale natürliche" Schwebstoffabtrag mittels Regressionsgleichung

$$E_n = 0{,}413 \cdot V^{0{,}774} \cdot G^{0{,}812} \cdot Q^{0{,}182} \cdot J_F^{0{,}054}$$

errechnet.

Der multiple Korrelationskoeffizient beträgt dabei $R = 0{,}818$ und die mittlere Abweichung 36 Prozent. /2/

Zur praktischen Anwendung wurde ein Berechnungsformular entwickelt, mit dem übersichtlich die Schwebstofführung, die Schwebstofffracht und der Schwebstoffabtrag ermittelt werden kann.

Aus den Ergebnissen der Verfahren zur Bestimmung des natürlichen Schwebstoffabtrages kann der Erosionszustand des zu untersuchenden Einzugsgebietes erfaßt werden. Damit ist die Grundlage geschaffen, Maßnahmen zum Erosionsschutz im Einzugsgebiet einzuleiten. Wirksamer Erosionsschutz kann jedoch nur erreicht werden,

wenn die einzelnen wasserbaulichen Objekte nicht als isolierte Maßnahmen, sondern als Teil der komplexen Landschaftsgestaltung gesehen werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen folgende Schlußfolgerungen zu:

- Die Daten der Gütepegel lassen nach mathematisch-statistischer Aufbereitung aussagekräftige Schlüsse zu.
- Die Genese des Schwebstofftransportes, das Schwebstoffregime, läßt sich jedoch nur wissenschaftlich ergründen, wenn die Probeentnahmefrequenz erhöht und die Schwebstoffverteilung im Profil durch Vollmessungen ermittelt wird.
- Für weitere Arbeiten ist es wichtig, die Probeentnahmefrequenz besonders bei Hochwasser zu erhöhen, um damit die Schwebstoffganglinien in ihrer ganzen Form zu erfassen.
- Für weitere Gebiete gilt es, Gütepegel, die natürliche Verhältnisse repräsentieren, auszuwählen und mit Durchflüssen zu korrelieren, wobei $r_{xy} > 0{,}7$ liegen soll.
- Zusätzlich ist es notwendig, Schwebstoffbasisstationen einzurichten, die für größere naturräumliche Einheiten repräsentativ sind.

Als Netzdichte wird für das Mittelgebirge eine Station pro 1 000 km^2 und für das Flachland eine Station pro 2 000 km^2 bis 5 000 km^2 vorgeschlagen.

Das ergibt für das 107 834 km^2 große Territorium der DDR ~ 40 bis 60 Schwebstoffbasisstationen bei einer Beobachtungszeit von mindestens 20 Jahren.

Stellt man die jährlichen Schäden und Leistungsminderungen an wasserwirtschaftlichen Anlagen, die infolge der Unkenntnis der Feststofführung und ihrer Genese entstehen, dem Aufwand gegenüber, der zur Auswertung vorhandener Unterlagen und zum Aufbau und Betrieb eines Schwebstoffbasisnetzes benötigt wird, so muß die Entscheidung eindeutig zugunsten progressiver Schwebstofforschung fallen.

Literatur

Fügner, D.: Die Schwebstofführung der Nebenflüsse der Elbe im Sächsischen Bergland. Dissertation 1972, TU Dresden

Fügner, D.: Anthropogener Einfluß auf die Schwebstofführung fließender Gewässer. WWT 25 (1975) 1

Nitrateliminierung aus Trinkwasser durch Ionenaustauscher

Dr. sc. techn. KLAUS WIEGLEB und Prof. Dr.-Ing. habil. Harry KITTNER
Beitrag aus der Technischen Universität Dresden, Sektion Wasserwesen

Die TGL 22433 /20/ weist für Trinkwasser einen Richtwert für die Konzentration der Nitrationen von ≤ 20 mg/l und einen Grenzwert von 40 mg/l aus. Über die Auswirkungen höherer Nitratkonzentrationen im Trinkwasser auf die menschliche Gesundheit wurde schon mehrfach berichtet. /1, 2, 14/ Der Anstieg des Nitratgehaltes in Grund- und Oberflächenwässern und die damit zusammenhängende Gefährdung des Trinkwassers ist in den hochentwickelten Ländern ein Problem geworden. Über die diesbezügliche Situation in der DDR und die eingeleitete Forschungstätigkeit unter Leitung des FZ Wassertechnik Dresden wurde ebenfalls schon berichtet. /1, 24/ Im folgenden wird das Ionenaustauschverfahren zur Nitrateliminierung aus Trinkwasser im Rahmen der zentralen Trinkwasseraufbereitung (TWA) in einer Kurzfassung vorgestellt. Die bisherigen nur Teilprobleme behandelnden Untersuchungen zur Nitrateliminierung durch Ionenaustauscher bildeten keine ausreichenden Grundlagen zur Klärung aller Einflußbereiche im Gesamtkomplex. /3 bis 18/ Die nachstehenden Aussagen beruhen im wesentlichen auf Ergebnissen von Einfaktorenversuchen und Mehrfaktorenversuchen nach der anerkannten Versuchsplanung der orthogonalen Quadrate. /19/ Diese Versuche wurden in einer kleintechnischen Anlage im Wasserwerk Dörtendorf des VEB WAB Gera durchgeführt. Zur Gewährleistung einer komplexen Betrachtungsweise bei der Entwicklung dieses anwendungsreifen Verfahrens erfolgte die Einbeziehung der notwendigen Kooperationspartner.

Wesentliche Einflußgrößen auf die Effektivität und Anwendbarkeit des Verfahrens

In Abstimmung mit dem VEB Chemiekombinat Bitterfeld (CKB) wurden alle für die Nitrateliminierung in Frage kommenden Anionenaustauscher im Festbettverfahren bei Fließgeschwindigkeiten von 5 bis 40 m/h und Regenerierungsmittelmengen von 200 bis 500 g NaCl/l Wofatit getestet. Dies betraf im einzelnen Wofatit SBK, SBW, AD 41, SL 30, SW 32 DS, Y 52, jeweils in der Chloridform. Unter Berücksichtigung der erzielten Austauschkapazitäten und der Beschaffungskosten erweist sich für diese Aufgaben Wofatit SBW am geeignetsten. /21/ Alle vergleichbaren Anionenaustauscher, so auch Wofatit SBW, geben besonders im frischen Zustand an das Wasser organische Stoffe ab, die im Ionenaustauscherablauf zu anfänglichen Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen führen. Mit dem Ziel der Beseitigung dieser Harzeigenschaft hat, in Abstimmung mit dem Forschungsinstitut für Hygiene und Mikrobiologie Bad Elster, das CKB Wofatit SBW weiterentwickelt zum Wofatit Y 52. In eigenen Untersuchungen mit Einsatz von Wofatit Y 52 konnten von Beginn an im Ionenaustauscherablauf die diesbezüglichen chemischen und organoloptischen Kriterien der Trinkwasser-TGL /20/ erfüllt werden. Außerdem wies das CKB in Abstimmung mit der Hygiene in ausgewählten Untersuchungen auf die Auslaugung verschiedener organischer Substanzen und Schwermetalle aus dem Kunstharz die physiologische Unbedenklichkeit des Wofatit Y 52 nach. Der in der Theorie des Ionenaustausches in der Tendenz bekannte Einfluß der Fließgeschwindigkeit auf die nutzbare Volumenkapazität (NVK) der Kunstharze wird häufig von Autoren, auch in verschiedenen Prospekten der Hersteller und von Projektanten nicht ausreichend berücksichtigt. Die NVK nimmt mit zunehmender Fließgeschwindigkeit unabhängig von der angewendeten Regeneriermittelmenge hyperbolisch ab (Bild 1). Diese Beziehungen sind berücksichtigt im „Diagramm zur Ermittlung der NVK von Wofatit Y 52 zur Bemessung von Ionenaustauschern" (Bild 3). Es konnte nachgewiesen werden, daß bei Ionenaustauschreaktionen der vorliegenden Charakteristik die Fließgeschwindigkeit die spezifische Reaktorbelastung besser repräsentiert als die häufig verwendete spezifische Harzbelastung. /21/ Der Ionenaustauscherablauf hat eine gegenüber dem Zulaufwasser veränderte und im Verlauf der Beladung wechselnde Zusammensetzung an Anionen. /21/ Eine bedeutende Vergleichmäßigung der Wasserbeschaffenheit ergibt sich durch die Vermischung des Ionenaustauscherablaufs mehrerer Apparate untereinander und auch mit dem unbehandelten Wasser sowie die übliche Speicherung in Wasserbehältern. Damit ist die anfängliche pH-Wert-Absenkung im Ionenaustauscherablauf, eventuell auch in Verbindung mit ohnehin notwendigen Maßnahmen zur pH-Wert-Gleichgewichtseinstellung, ohne Auswirkungen auf die Reinwasserqualität. Problematischer könnte sich dagegen die aus dem Ionenaustauschprozeß resultierende Chloridaufhöhung im Reinwasser auswirken, weniger in physiologischer Hinsicht, aber bezüglich des erhöhten Aggressivitätsverhaltens vor allem im Warmwasserbereich. Diese erhöhte Aggressivität wird jedoch im Cl^--Grenzwertlimit der Trinkwasser-TGL von 350 mg/l noch als akzeptabel eingeschätzt. Eine genauere Be-

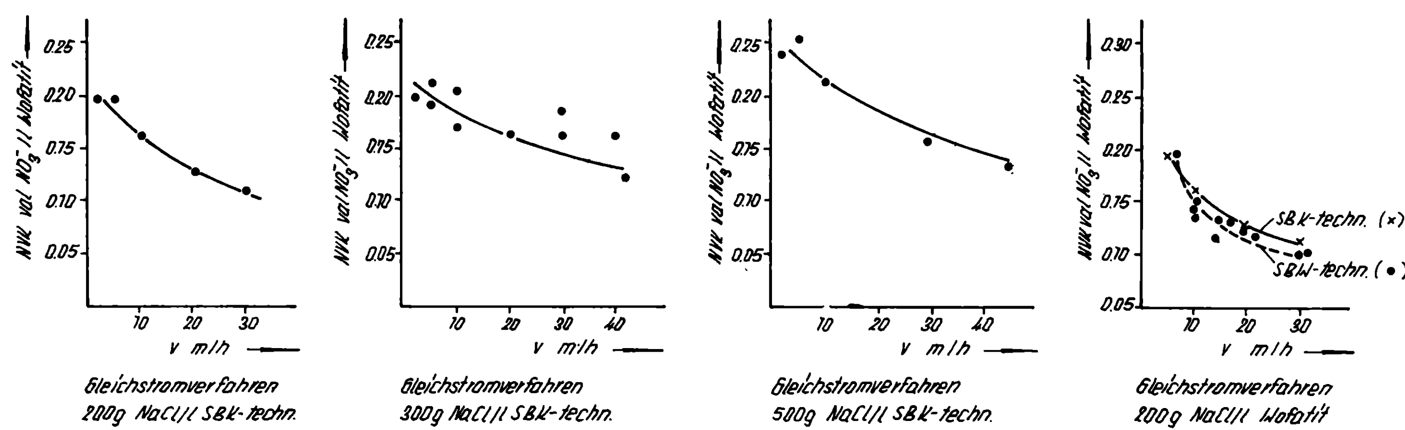


Bild 1 Abhängigkeit der nutzbaren Volumenkapazität (NVK) von Wofatit SBW oder Y 52 und Wofatit SBK von der Fließgeschwindigkeit

trachtung auf der Basis von Vergleichsrechnungen läßt erkennen, daß das Ionenaustauschverfahren zur Nitrateliminierung auch aus Wässern relativ hoher Gesamtsalzbelastung geeignet ist, ohne den Chlorid-Grenzwert der Trinkwasser-TGL im Reinwasser zu überschreiten. /21/ Ausnahmen bilden hierbei die sehr selten vorkommenden Rohwässer mit einem Chloridgehalt > 250 mg/l oder > 200 mg/l bei gleichzeitigen Sulfatkonzentrationen > 200 mg/l. In Abhängigkeit von den spezifischen Betriebsbedingungen bezüglich Rohwasserbeschaffenheit, Regeneriermitteleinsatz und Fließgeschwindigkeit können für jeden Anwendungsfall die konkrete Chloridaufhöhung im Ionenaustauscherablauf und im gemischten Reinwasser errechnet werden. /21, 22/ Als Nebeneffekt wird bei diesen Ionenaustauschervorgängen eine Reduzierung des Gehaltes an organischen Stoffen im Wasser, z. B. von Huminsäure, erreicht. Die Abgabe eines auch in bakteriologischer Hinsicht TGL-gerechten Reinwassers ist mit üblichen Desinfektionsmaßnahmen der Trinkwasseraufbereitung nach der Ionenaustauscheranlage als gesichert einzuschätzen. /21/ Die theoretische begründete und experimentell nachgewiesene geringe Erhöhung der Austauschkapazität mit zunehmender Harzschichthöhe bei konstanter Fließgeschwindigkeit läßt wegen unbedeutender Größe keine konstruktiven Schlußfolgerungen zu.

Regenerierung der Ionenaustauscher

Der Regenerierprozeß, bestehend aus Rückspülung, Regenerierung und Auswaschung, beeinflußt entscheidend die Effektivität des Ionenaustauschverfahrens. Zur Rückspülung der Reaktoren genügt der Einsatz von zwei Harzvolumina des Ionenaustauscherzulaufwassers. Im Ergebnis der Untersuchungen erwies sich von allen in Betracht kommenden chloridischen Salzen unter Berücksichtigung der Wirksamkeit der Regenerierung, der Beschaffens- und Transportkosten, der Liefermöglichkeit und Beseitigung des Eluats die Anwendung von $MgCl_2$-Sole S 3 als Regeneriermittel am zweckmäßigsten. Als Alternative könnte noch NaCl als Steinsalz verwendet werden. Eine tiefgründigere Untersuchung der Wirkungsweisen und Effekte der verschiedenen Regenerierverfahren ergab, daß bei objektiven Vergleichen des Gegenstromverfahrens mit dem Gleichstromverfahren neben dem besseren Schlupfverhalten und der Regeneriermitteleinsparung beim ersten Verfahren auch die erreichten Austauschkapazitäten berücksichtigt werden müssen. Gegenstromregenerierte Austauscher mit abwärtsgerichteter Beladung erreichen bei gleicher Regeneriermittelmenge geringere Austauschkapazitäten als Gleichstromverfahren. In der vorliegenden Aufgabenstellung mit den geringeren Anforderungen an den Nitrat-Schlupf wirkt sich nachgewiesen diese umfassendere Betrachtung z. B. so aus, daß sich das Gleichstromverfahren als vorteilhafter ergibt. /21, 23/ Den einflußreichsten Faktor im gesamten Regenerierprozeß stellt die Regeneriermittelmenge dar. Aus den vielfältigen, sich teilweise überlagernden Wechselbeziehungen der Regeneriermittelmenge sind für ihre Festlegung bei der vorliegenden Aufgabenstellung der Nitrateliminierung die Selbstkosten des Verfahrens die bestimmende Größe, sekundär evtl. beeinflußt von den Möglichkeiten der Abwasserbeseitigung. Bei Anwendung von 30prozentiger Mg-Cl-Sole S 3 liegt der optimale Bereich zwischen 0,25 bis 0,5 l/l SBW; das entspräche nach dem Chloridanteil einer NaCl-Menge zwischen 100 und 200 g NaCl/l SBW. Größere Aufbereitungskapazitäten und zeitweiser Betrieb der Ionenaustauscher im Jahr erfordern die größere Menge und umgekehrt (Bild 2). Die höheren Chemikalien- und vor allem Transportkosten ergeben für NaCl einen optimalen Einsatzbereich zwischen 100 und 150 NaCl/l SBW. Geringere Transportkosten, größere TWA-Kapazität und verkürzte Betriebsdauer können das Kostenminimum sogar auf 200 g NaCl/l verschieben. Kleinere TWA-Kapazitäten erfordern eine ökonomische Überschlagsrechnung unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten. Zur Gewährleistung einer effektiven Regenerierung ist eine Regenerierdauer von 45 bis 60 min erforderlich. Dabei sollte die obere Grenze in Reaktoren der größeren Schütthöhen nicht unterschritten werden. Die Temperaturerhöhung der Chemikalienlösung bewirkt nur eine geringe Verbesserung des Regeneriereffektes und sollte lediglich in Ausnahmefällen bei nachgewiesenem Nutzen zur Anwendung kommen. Die geringeren Anforderungen an den NO_3^--Schlupf gestatten einen relativ geringen Waschwassereinsatz; es genügen vier bis acht Harzvolumina. Als Waschwasser sind der Ionenaustauschablauf oder das gemischte Reinwasser zu verwenden.

Mathematisches Modell für die Abhängigkeit der NVK von der Rohwasserbeschaffenheit. Die Struktur der Kunstharze, insbesondere der Vernetzungsgrad der Matrix, beeinflußt nicht nur die Gesamtaustauschkapazität, sondern vornehmlich auch das Selektivitätsverhalten. Die an sich bekannte Selektivitätsreihe für stark basische Anionenaustauscher wurde in den dafür interessierenden Anionenkonzentrationen auch in eigenen Untersuchungen bestätigt und fand Berücksichtigung im Versuchsplan zur Ermittlung des mathematischen Modells für die Abhängigkeit der NVK von der Roh-

TWA-Kapazität	1000 m³/d			10000 m³/d			100000 m³/d		
Kategorie der Rohwasserbeschaffenheit	IK M/m³d	SK in M/m³ 0,5 l $MgCl_2$-S/l	SK in M/m³ 150g NaCl/l	IK M/m³/d	SK in M/m³ 0,5 l $MgCl_2$-S/l	SK in M/m³ 150g NaCl/l	IK M/m³/d	SK in M/m³ 0,5 l $MgCl_2$-S/l	SK in M/m³ 150g NaCl/l
A	355,-	0,20	0,23	190,-	0,10	0,12	135,-	0,08	0,12
B	430,-	0,25	0,29	235,-	0,15	0,21			
C	600,-	0,41	0,53	385,-	0,25	0,37			

Kategorie der Rohwasserbeschaffenheit	Kriterien NO_3^- mg/l		SO_4^{2-} mg/l	Cl^- mg/l
A	$C_0 = 60$	$C_m = 40$	~50	~40
B	≈80	≈40	~100	~40
C	≈150	≈40	~200	~80

C_0 - Konz. im Rohwasser; C_m - Konz. im Reinwasser

wasserbeschaffenheit. Für die gewählte Funktion

$$Y = C + \sum_{i=1}^{n} \varphi_i (x_i) \qquad (1)$$

waren für n Einflußgrößen auf die NVK, deren Teilfunktionen $\varphi_i (x_i)$ zu bestimmen. Es wurde ein mathematisches Modell entwikkelt, das die Abhängigkeit der NVK des Wofatit SBW bzw. Y 52 vom NO_3^--, SO_4^{2-}- und Cl^--Gehalt des Rohwassers beschreibt /21, 22/. Die gleichfalls untersuchten Parameter HCO_3^--Gehalt und Temperatur des Rohwassers ergaben in den interessierenden Wertebereichen keine relevanten Einflüsse. Die sehr gute Übereinstimmung des Modellansatzes mit den Meßwerten bestätigte die nachgewiesenen statistischen Maßzahlen, wie Reststreuung, Bestimmtheitsmaß und statistische Sicherheit. In der Graphik des Bildes 3 sind zur erleichterten Handhabung das mathematische Modell mit Einbeziehung der gefundenen Abhängigkeiten der Fließgeschwindigkeit und Regeneriermittelmengen auf die NVK ausgewertet worden. Eine Überprüfung dieser komplexen Beziehung von Rohwasserbeschaffenheit, Fließgeschwindigkeit und Regeneriermittelmenge zur NVK für Wofatit SBW oder Y 52 mit verfügbaren Meßergebnissen anderer Autoren zeigt gleichfalls gute Übereinstimmung /21, 22/.

Eine repräsentative Zusammenfassung des Schlupfverhaltens, d. h. der NO_3^--Konzentration im Ionenaustauscherablauf, in Abhängigkeit von der Rohwasserbeschaffenheit und der interessierenden Regeneriermittelmenge liegt gleichfalls in einer grafischen Darstellung vor (21, 22).

Bemessung von Ionenaustauschanlagen

Die Aufgabenstellung der Nitrateliminierung aus Trinkwasser bis zu einer Konzentration von z. B. 20 mg/l gestattet die Behandlung eines Teilstromes über die Ionenaustauscher und anschließende Mischung mit dem vom Ionenaustauscher unbehandelten Wasser zum Reinwasser der TWA. Die über Ionenaustauscher zu behandelnde Teilstrommenge V_1 ist abhängig von der TWA-Kapazität V, den NO_3^--Konzentrationen im Rohwasser c_0, im Ionenaustauscherablauf c_1 und dem Reinwasser c_m entsprechend der Aufgabenstellung und wird bestimmt nach Gl. (2):

$$\dot{V}_1 = \frac{\dot{V}}{\frac{c_m - c_1}{c_o - c_m} + 1} \qquad (2)$$

Auf der Grundlage der dargestellten Beziehungen ist in einem Algorithmus von 14 Bearbeitungsschritten die Bemessung von Ionenaustauschern zur NO_3^--Eliminierung aus Trinkwasser für Festbettreaktoren im Gleichstromverfahren vorgegeben. /21, 22/ Danach kann man nach Festlegung der Reinwassernitratkonzentration, der Laufzeit zwischen zwei Regenerierungen und der Regeneriermittelart und -menge aus einer Graphik die NO_3^--Konzentration im Ionenaustauschablauf, die zu behandelnde Teilstrommenge nach Gl. (2), die NVK nach Bild 3, die erforderliche Harzmenge und Apparatezahl sowie die resultierende Chloridaufhöhung im Reinwasser bestimmen. Im Resultat einer angemessenen Betrachtung der wesentlichen Einflüsse wurde ein Sicherheitsaufschlag von 10 Prozent zur errechneten Harzmenge als ausreichend berücksichtigt. Dieser Bemessungsalgorithmus und weitere wesentliche Hinweise zum Einsatz des Ionenaustauschverfahrens werden in einem geplanten Standard des Kombinates Wassertechnik und Projektierung Wasserwirtschaft zusammengefaßt. Bis zu dessen Veröffentlichung verbleiben die Nutzungsrechte beim Forschungszentrum Wassertechnik Dresden als Auftraggeber dieses Forschungsthemas. Gegenwärtig ist dazu eine Lizenz-Angebotsinformation in Druck /25/. Eine gewisse chemische Instabilität der Austauschharze und möglicherweise irreversible Verschmutzungen durch organische Stoffe im Wasser, insbesondere Huminsäuren, begrenzen ihre Lebensdauer auf eine Größenordnung von fünf bis acht Jahren.

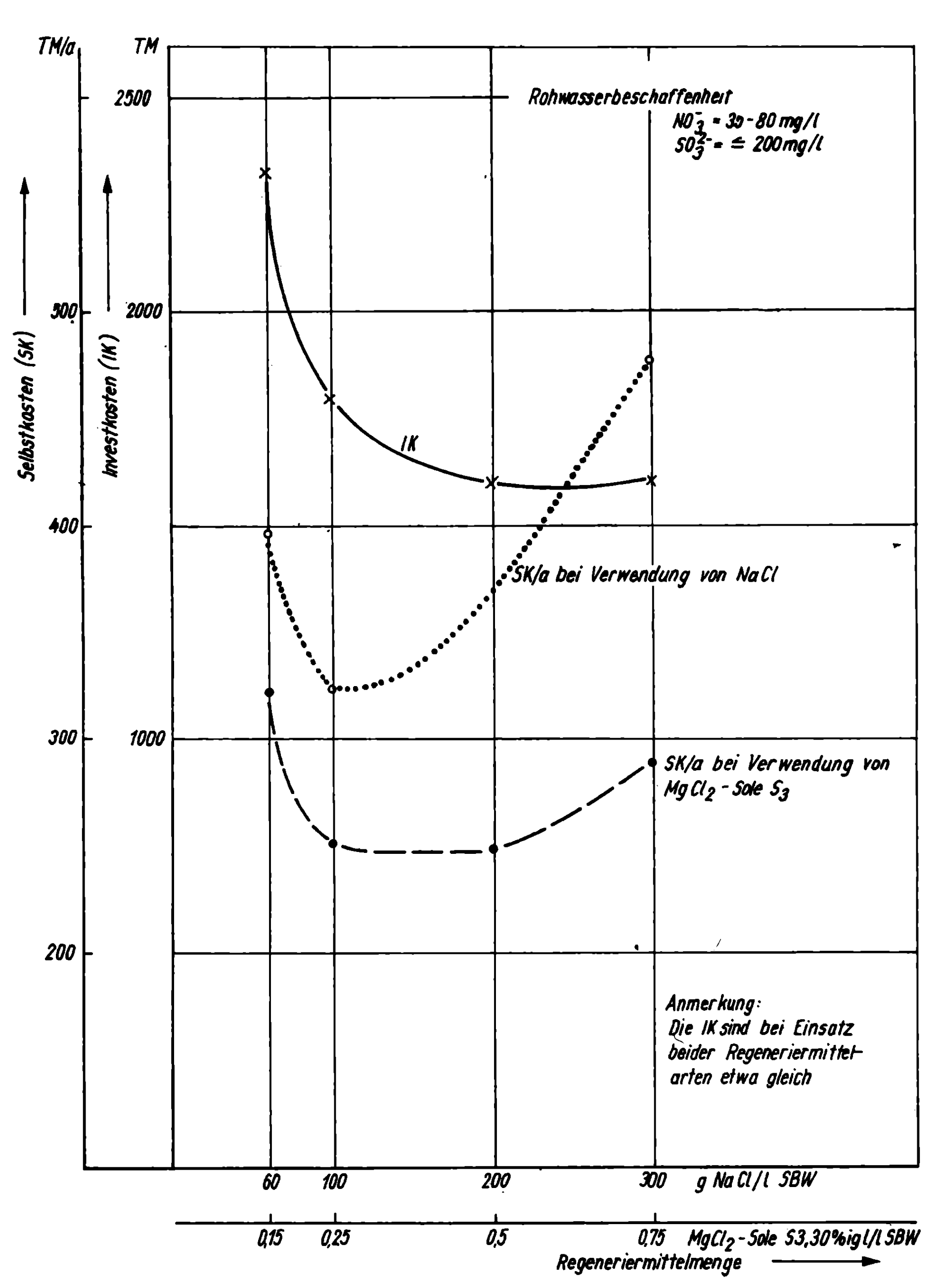


Bild 2 Investitions- und Selbstkosten (IK u. SK) in Abhängigkeit von unterschiedlichen Regenerierungsmittelmengen bei Verwendung von NaCl oder $MgCl_2$-Sole-S 3, 30%ig; TWA-Kapazität 10 000 m³/d

Beseitigung der Ionenaustauscherabwässer

Das aus dem Regenerierprozeß anfallende Ionenaustauschabwasser besteht aus dem Eluat und dem Waschwasser. Das unwesentlich verschmutzte Rückspülwasser kann mit dem oder wie Filterspülwasser behandelt werden. Die Beschaffenheit des Abwassers hängt im wesentlichen vom Regeneriermitteleinsatz und vom Waschwasserverbrauch ab. Der Gesamtsalzgehalt schwankt demnach zwischen 1,5 und 3 Prozent wobei die Hälfte als Chlorid vorkommt. Die Abwassermenge wird bei konstanten Regenerierbedingungen stark von der Rohwasserbeschaffenheit beeinflußt und schwankt in den häufigsten Fällen von 1 bis 3 Prozent der TWA-Kapazität, kann aber bei nitrat- und sulfathochbelasteten Rohwässern bis acht und sogar zehn Prozent der Wasserwerkskapazität betragen. Die Beseitigung des Ionenaustauschabwassers ist standortabhängig. Von vielen betrachteten Möglichkeiten werden die landwirtschaftliche Verwertung unter den in /21, 22/ beschriebenen Bedingungen, die teilweise Zuteilung zum Auftaumittel des Straßenwesens und die Einleitung in die Vorflut, ggf. auch über eine weitere Verdünnung in Kanalisationen und Kläranlagen, die größten Realisierungschancen haben. Dabei wird in jedem Falle der Chloridgehalt als begrenzender Faktor zu beurteilen sein.

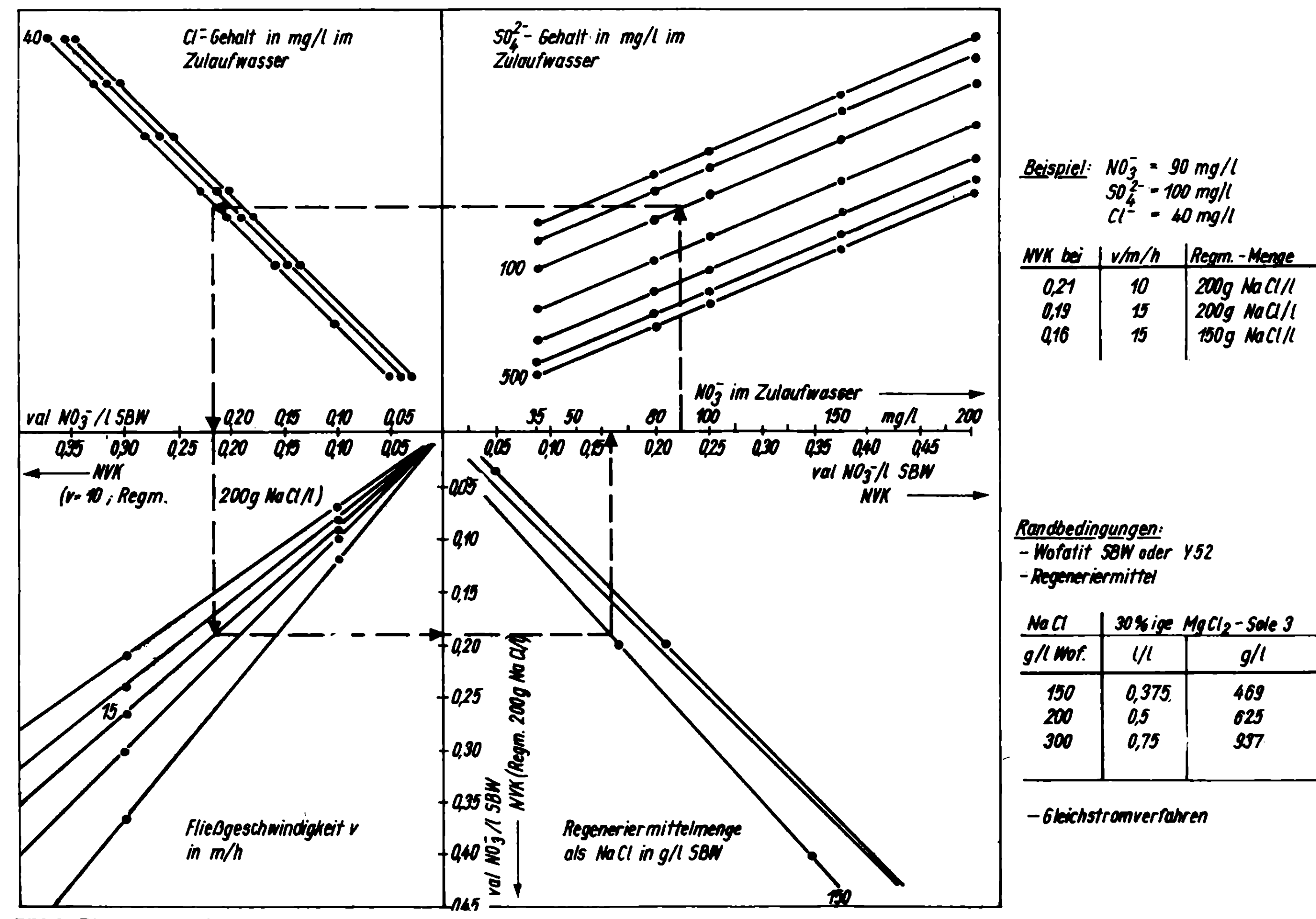


Bild 3 Diagramm zur Ermittlung der nutzbaren Volumenkapazität (NVK) von Wofatit SBW oder Y 52

Technologische Einordnung und Realisierbarkeit

Von der Vielzahl der modernen Ionenaustauschverfahren /10/ einschließlich des kontinuierlichen Ionenaustausches erwies sich für die Nitrateliminierung das Gleichstromverfahren in Festbettreaktoren nicht nur als das einfachste, sondern gleichzeitig ökonomischste Verfahren. Im Vergleich der Reihenschaltung der Apparate zur Parallelschaltung erhält die letztere Variante den Vorzug. Infolge der Qualitätsanforderungen an das Zulaufwasser und der Gewährleistung eines bakteriologisch TGL-gerechten Reinwassers müssen die Ionenaustauscher in Trinkwasseraufbereitungsanlagen nach den Schnellfiltern bzw. Aktivkohlefiltern und vor der Desinfektionsanlage eingeordnet werden. Ein Beispiel der technologischen Einordnung wurde bereits beschrieben /1/. Die kontinuierliche Betriebsüberwachung ist durch den Einsatz von ionensensitiven Nitratelektroden gewährleistet und wurde unter Betriebsbedingungen in einem längeren Zeitraum nachgewiesen. Die großtechnische Anwendung des Ionenaustauschverfahrens zur Nitrateliminierung aus Trinkwasser ist in der DDR ohne Abhängigkeit von Importen für Ausrüstungen und Einsatzstoffe möglich. Die Austauscherharze, so auch Wofatite, sind zwar frostempfindlich, aber dennoch ist die Anwendung der Teilfreibauweise dieser Ionenaustauschanlagen bei laufendem Betrieb mit nur technologisch bedingten Stillstandszeiten möglich. Über 10jährige Betriebserfahrungen der einzigen bekannten Ionenaustauscheranlage in Teilfreibauweise innerhalb und außerhalb der DDR im Kombinat Schwarze Pumpe lassen diese Schlußfolgerungen zu. Außerdem sollten bei derartigen Entscheidungen aber die Erfahrungen vom CKB und VEB WM Markkleeberg mit einbezogen werden. In Abstimmung mit dem Forschungszentrum für Hygiene und Mikrobiologie sowie dem CKB wurde an das Ministerium für Gesundheitswesen der Antrag zum Einsatz dieses Ionenaustauschverfahrens in der zentralen TWA gestellt. Im VEB WAB Gera ist die nach unserem Kenntnisstand erste großtechnische Anlage dieser Art in Europa vorgesehen. Die Investitionsvorbereitungen wurde abgeschlossen, und mit dem Bau wird 1980 begonnen.

Bewertung des Verfahrens einschließlich ökonomischer Einschätzungen

In Tafel 1 sind der Investitionsaufwand und die spezifischen Selbstkosten für die Nitraeliminierung nach den Ionenaustauschverfahren für drei Kapazitätsgrößen von Aufbereitungsanlagen und drei Kategorien der Rohwasserbeschaffenheit unter Berücksichtigung des 1979 zutreffenden Preisniveaus zusammengestellt. Die nicht berücksichtigten Aufwendungen für die Abwasserbeseitigung liegen bei den großen Anlagen unter 1 Pf/m³ und in den kleinen Wasserwerken können sie in der Regel zwei bis vier Pf/m³ betragen. Unter Bezug der ab 1980 geltenden Preiskennziffern werden diese Kosten um etwa 30 Prozent höher liegen. Man kann einschätzen, daß die Kosten für die NO_3^--Eliminierung fast denen der sonstigen gesamten Aufbereitung eines mittelmäßig verschmutzten Wassers entsprechen. Endgültige Einsatzgrenzen des Ionenaustausches, insbesondere im Vergleich zu den gegenwärtig in Bearbeitung befindlichen Verfahren der

- mikrobiellen Denitrifikation und
- der Grundwasseranreicherung über Pflanzenbecken

lassen sich erst zu deren Forschungsabschluß festlegen. Das Ionenaustauschverfahren verfügt jedoch über eine Reihe von Vorzügen, auch bei Einbeziehung der Elektrodialyse und Umkehrosmose, z. B.

- sicherer Aufbereitungseffekt,
- relativ geringer Invest- und Selbstkostenaufwand (nur bei GWA noch geringer),
- hohe Betriebssicherheit,
- kurzfristige Inbetriebnahme und problemlose Stillegung möglich,
- Realisierbarkeit in der DDR,
- Exportfähigkeit.

Von Nachteil sind

- die Umweltbelastung durch Cl^--haltiges Abwasser,
- Die Begrenzung der ansonsten breiten Anwendungsmöglichkeit des Verfahrens durch die objektspezifische nicht immer gegebene Realisierbarkeit der Abwasserbeseitigung und
- die geringe Effektivität bei Behandlung sehr stark sulfatbelasteter Rohwässer, die allerdings selten vorkommen.

Abschließend muß jedoch folgende Bemerkung wiederholt werden /1/: Die Analyse im Einzugsgebiet der Weidatalsperren einschließlich einer ökonomischen Überschlagsrechnung hat erwiesen, daß

1. die landwirtschaftlichen und wasserwirtschaftlichen Interessen zu einem großen Teil in Übereinstimmung gebracht werden können und
2. es in der Regel volkswirtschaftlich sinnvoller ist, Maßnahmen im Einzugsgebiet also vor allem agrotechnischer und agrochemischer Art, vorzusehen, um den Nitrateintrag in die Gewässer zu reduzieren.

Literatur

/1/ *Wiegleb, K.:* Nitrateliminierung im Trinkwasser. WWT 29 (1979) 3, S. 101—103

/2/ *Müller, G.:* Wirkung von Ammonium- und Nitratverbindungen im Wasser. Wasser Berlin '77, S. 229—239, Berlin (West) 1977, ZfGW-Verlag GmbH, Frankfurt (Main) 1977

/3/ *Buelow, R.,* u. a.: Nitrate Removal by Anion Exchange Resins. (Nitratbeseitigung durch Anionenaustauschharz.) J. Amer. Water Works Assor. (1975), S. 528—534

/4/ *Clifford, D.; Weber, W.:* Nitrate Removal from water supplies by ion exchange. (Nitratbeseitigung aus Wasserversorgungssystemen durch Ionenaustausch.) Municipal Environmental Research Laboratory. Office of Research and Development. Cincinnati, Ohio 45268, USA, Nov. 1977

/5/ *Delius, J.:* Verfahren zur Beseitigung schädlicher Nitratgehalte aus dem Trinkwasser. Gesundheitsingenieur 80 (1959), S. 181—185

/6/ *Fresenius, W.,* u. a.: Über die Entfernung von Nitrat-Ionen aus Trinkwasser unter Verwendung von Anionenaustauschern in einer halbtechnischen Anlage. Gas und Wasserfach 107 (1966), S. 306—309

/7/ *Frölich, P.:* Zur Kinetik und Dynamik des Ionenaustauschs. Dissertation B. Martin-Luther-Universität Halle—Wittenberg 1977

/8/ *Gauntlett, R. B.:* Nitrate Removal from Water by Ion exchange. (Nitratbeseitigung aus Wasser durch Ionenaustausch.) Water Treatment Exam. 27 (1975) 3, S. 172—193

/9/ *Kadlec, V.:* Moznosti pouziti ionexu pri uprave pitne vody. (Anwendungsmöglichkeiten von Ionenaustauschern bei der Trinkwasseraufbereitung.) Vodni hospodarstvi 1/1975, Reihe B, S. 5—8

/10/ *Laqua, E.:* Ionenaustauscher in der Wasserbehandlung. Acta hydrochim. hydrobiol. 2 (1974) 5, S. 375—397

/11/ *Marquardt, K.:* Physikalische Verfahren zur Trinkwasseraufbereitung und ihre Grenzen. Vorträge der Wasserfachlichen Aussprachetagung DVGW/BGW, Berlin (West) 1977

/12/ *Marquardt, K.:* Die Anwendung von Ionenaustauschern. Brauwelt 117 (1977) 26, 30, Juni

/13/ *Midkiff, Weber:* Operating characteristics of strong base anion exchange reactors. (Verfahrensweisen von stark basischen Anionenaustauschern.) Engng. Bull, Purdue Univ. Ext. Ser. 1970, 37, S. 593—604

/14/ *Müller, G.:* Probleme der epidemiologischen Beurteilung von Wasserinhaltsstoffen. Schr.-Reihe Ver. Was.-Boden-Lufthygiene, Berlin-Dahlem, H. 40, S. 39—52, Stuttgar 1973

/15/ *Rummel, W.:* Nitrathaltige Trinkwässer und ihre Aufbereitung durch Ionenaustausch. WWT 15 (1965), S. 4—8

/16/ *Schilling, J.:* Die Aufbereitung stark huminsäurehaltigen Oberflächenwassers. Fortschritt-Berichte der VDI Zeitschriften, Reihe 4, Nr. 24, Düsseldorf, Juli 1975

/17/ *Sontheimer, H.:* Verfahrenstechnische Grundlagen von Adsorption und Ionenaustausch. Veröffentlichungen d. Bereichs und des Lehrstuhls für Wasserchemie, H. 8, Universität Karlsruhe 1975

/18/ Fa. Bayer, Leverkusen, BRD, 1965. Druckschrift zur Nitratentfernung aus Wässern durch Lewatit

Fortsetzung auf Seite 243

Die abflußgesteuerte Bewässerung (BQ-Bewässerung) – eine Möglichkeit zur dargebotsgerechten Nutzung der Wasserressourcen

Dr. habil. Dietrich KRAMER, Dr. agr. Gerhard SCHMALAND und Dr. R. MEISSNER
Beitrag aus dem Institut für Wasserwirtschaft

Auf Grund des angespannten Wasserhaushaltes in der DDR und des zunehmenden Wasserbedarfs der Volkswirtschaft, gewinnen Fragen seiner Deckung, vor allem in den Sommermonaten, immer mehr an Bedeutung. Neben dem Einsatz wassersparender Technologien dient hierfür vorwiegend der Bau von Talsperren und Kleinspeichern, der mit einem erheblichen Investitionsaufwand verbunden ist. Eine weitere Möglichkeit zur Minderung des Wasserbedarfs bei der landwirtschaftlichen Bewässerung bietet die abflußgesteuerte Bewässerung als eine Alternative zu den bisherigen Vorstellungen über die Wasserbedarfsdeckung in der dargebotsarmen Periode. Im Sinne der Terminologie handelt es sich hierbei um eine Weiterentwicklung der Vorratsbewässerung (*Felgner*, 1971).
Das Ziel der abflußgesteuerten Bewässerung ist die Verlegung der Bewässerungstermine in die dargebotsreiche Periode, um unter Ausnutzung des Speichervermögens der Böden den Wasserbedarf in der Mangelzeit zu vermindern. Dies soll bei weitgehend gleichen Erträgen gegenüber konventionellen Bewässerungsverfahren erreicht werden. Zusätzlich tritt als Folgewirkung eine bessere zeitliche Verteilung der Rückflüsse aus der Bewässerung ein.

Erste Untersuchungen zum Problem der Vorratsbewässerung wurden in der DDR von *Buhtz* (1970), *Felgner* (1971) sowie *Dörter, Abdank* und *Badewitz* (1975; 1977) und in der UdSSR von *Dimitrijev* (1966), *Kostin* (1967), *Cernikov* (1968), *Filimonov* (1970) und *Sipko* (1972) vorgenommen. Diese Autoren betrachten die Vorratsbewässerung im allgemeinen aus der Sicht der Landwirtschaft unter dem Aspekt des Auffüllens fehlender Winterfeuchte. Der wasserwirtschaftliche Gesichtspunkt, der sich auch in der Bezeichnung „abflußgesteuerte Bewässerung" ausdrückt und die direkte Beziehung zu hydrologischen Prozessen herstellt, wurde dagegen bisher wenig oder nicht beachtet. Mit Ausnahme der Ergebnisse von *Felgner* (1971) und *Buhtz* (1970), die auf Lößböden beschränkt sind und ebenfalls mit fixen Perioden arbeiten, liegt kein vergleichbares Material vor.

Hydrologische Grundlagen

Die abflußgesteuerte Bewässerung ist eine Bewässerungsform, bei der die Wassergaben weitgehend unabhängig vom aktuellen Bedarf der Pflanzen während der dargebotsreichen Perioden verabreicht werden. Es handelt sich hierbei um die Zeit der Vegetationsperiode, in der der Abfluß des jeweils genutzten Vorfluters eines Einzugsgebietes die Summe aus landschaftsnotwendigem Mindestabfluß $(Q)_L$ und bereits genehmigten Vorzugsnutzungen, als Q_V bezeichnet, übersteigt und somit für die Bewässerung zur Verfügung steht. Die abflußgesteuerte Bewässerung wird nach der Beziehung

$$D_Q = Q - Q_L - Q_V$$

D_Q = verfügbares Dargebot
Q = aktueller Abfluß
Q_L = landwirtschaftsnotwendiger Mindestabfluß
Q_V = Vorzugsnutzungen

gesteuert und ihre Prüfung erfolgte in zwei Hauptvarianten:

— Die BQ_0-Bewässerung wird unter Ausnutzung der Bodenspeicherung nur in den Perioden

$$D_Q \geq 0$$

durchgeführt.
— Bei der Kombinatsbewässerung (als *BQV* bezeichnet — Kombination von abflußgesteuerter Bewässerung und Vegetationsbewässerung) wird der Wasserbedarf in dem verbleibenden Zeitraum der Bewässerungsperiode durch den Vorrat, der während der dargebotsreichen Zeit angelegt wurde, reduziert.

Versuchsmethodik und Ergebnisse

Von 1973 bis 1978 wurden auf einem Löl-Standort in Friemar in kooperativer Gemeinschaftsarbeit mit dem Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bereich Jena, und seit 1974 auf einem l'S-Standort in Seehausen/Altmark, Feld- und Lysimeterversuche zur abflußgesteuerten Bewässerung durchgeführt. Nachstehend wird über die ersten Versuchsabschnitte berichtet, die für Friemar die Zeitperiode bis einschließlich 1977 und für Seehausen bis einschließlich 1976 erfassen.
Die Werte des Wasserhaushaltes der Versuchsböden sind in Tafel 1 dargestellt. Zur Einschätzung der meteorologischen Bedingungen während der Versuchsperiode wurden einige Klimadaten der Untersuchungsstandorte in Tafel 2 zusammengestellt.
Die Versuchsauswertung für die beiden Standorte erfolgte getrennt, wobei die Ergebnisse des l'S-Standortes gegenwärtig die Hauptbedeutung besitzen.

Tafel 1: Werte des Wasserhaushaltes der Versuchsböden bis zur Tiefe von 1 m (Angaben in mm)

Bodenschicht (cm)	l'S-Standort max. WK	FK	pWP	nFK	Löl-Standort max. WK	FK	pWP	nFK
0— 25	85,5	53,0	6,0	47,0	106,5	87,0	32,8	54,3
25— 50	78,3	28,5	4,5	24,0	110,0	88,0	34,3	53,8
50—100	165,0	50,5	6,0	44,5	189,5	168,9	72,5	96,4
0—100	328,8	132,0	16,5	115,5	406,0	343,9	139,6	204,5

Tafel 2: Ausgewählte Klimadaten der Stationen Friemar — Löl-Standort — und Seehausen/A. — l'-Standort — (bezogen auf das hydrologische Jahr)

Jahr	Zeitraum	Friemar N (mm)	T (°C)	N/T (mm/°C)	Seehausen/A. N (mm)	T (°C)	N/T (mm/°C)
1973	Apr./Sept.	291	14,5	20,0	—	—	—
	Ges. Jahr	502	8,6	58,4	—	—	—
1974	Apr./Sept.	314	14,6	21,5	274	13,4	20,4
	Ges. Jahr	603	—	—	517	8,6	60,1
1975	Apr./Sept.	292	16,1	18,2	254	14,7	17,3
	Ges. Jahr	454	10,0	45,4	498	9,7	51,3
1976	Apr./Sept.	233	16,1	14,5	163	14,1	11,6
	Ges. Jahr	440	9,7	45,3	396	8,3	47,7
1977	Apr./Sept.	398	13,0	30,6	—	—	—
	Ges. Jahr	699	8,7	80,3	—	—	—
langj.	Apr./Sept.	346	13,6	25,4	326	14,5	22,5
Mittel	Ges. Jahr	554	8,0	69,2	572	8,7	65,8

Tafel 3: Zusatzwassermengen, Mehrerträge und Zusatzwasserausnutzungen bei unterschiedlichen Fruchtarten und differenzierten Beregnungssteuerungsvarianten auf dem Löl-Standort ($\bar{x}$ 1973—1977)

	Mittlere jährl. Zusatzwassermengen. (mm)						mittlere jährl. Mehrerträge (dt GE/ha)			mittlere Ausnutzung (dt GE/mm·ha)		
	BQ_O	BV	BQV	BQV'+)	BV'++)	BV'—BQV'	BQ_O	BV	BQV	BQ_O	BV	BQV
Kartoffeln	101	66	108	42	36	—6	4,1	12,3	10,3	0,04	0,19	0,10
Zuckerrüben	134	184	191	66	111	45	0,5	11,3	8,8	0,00	0,06	0,05
Feldgras	155	232	249	114	135	21	28,3	24,7	22,8	0,18	0,11	0,09
$\bar{x}$	130	161	183	74	94	20	11,0	16,1	14,0	0,07	0,12	0,08

+) BQV' — Wasserbedarf der Kombinationsberegnung während der Mangelzeit

++) BV' — Wasserbedarf der Vegetationsberegnung während der Mangelzeit

Löl-Standort:

Es wurden die Beregnungssteuerungsvarianten

· K_O — ohne Zusatzberegnung

· BQ_O — abflußgesteuerte Beregnung; der Boden wurde bei Absinken des Bodenfeuchtegehaltes auf 60 Prozent nFK bereits im frühen Vegetationsstadium der Fruchtarten auf etwa 90 Prozent nFK aufgefüllt und durch weitere Wassergaben regelmäßig in diesem Feuchtezustand bei Beachtung agrotechnischer Kriterien bis zum Unterschreiten des verfügbaren Dargebots

· D_Q — im genutzten Gewässer gehalten

BV — Vegetationsberegnung; die Beregnungssteuerung erfolgte anhand der klimatischen Wasserbilanz nach *Klatt* (1967)

BQV — Kombinationsberegnung; bei ausreichendem Abfluß im genutzten Gewässer wurde nach der Variante BQ_O und anschließend nach der Variante *BV* gesteuert und die Versuchsfrüchte

— Kartoffeln
— Zuckerrüben
— Feldgras

geprüft.

Die durchschnittlichen jährlichen Zusatzwassermengen und Mehrerträge sowie die Ausnutzung des Zusatzwassers bei verschiedenen Fruchtarten und unterschiedlichen Beregnungssteuerungsvarianten sind in Tafel 3 dargestellt.

Erwartungsgemäß war die mittlere jährliche Zusatzwassermenge bei der BQ_O-Variante am geringsten. Sie betrug nur etwa 81 Prozent gegenüber der Vegetationsberegnung. Während der dargebotsarmen Periode verbrauchte die *BV*-Variante gegenüber der *BQV*-Variante durchschnittlich 20 mm mehr Wasser.

Mit der BQ_O-Variante wurden im Mittel etwa 68 Prozent der Mehrerträge der *BV*-Variante erbracht, im Gegensatz zur Kombinationsberegnung, mit der etwa 87 Prozent der Mehrerträge der Vegetationsberegnung erzielt wurden. Bei Kartoffeln wurden im Durchschnitt der Untersuchungsjahre mit der rein abflußgesteuerten Beregnungsvariante 104 Prozent, mit der Vegetationsberegnung 113 Prozent und mit der Kombinationsberegnung 111 Prozent des Ertrages der unberegneten Variante erreicht. Die Beregnung von Zuckerrüben erbrachte in allen Varianten Mehrerträge besonders bei den Varianten *BQV* mit 8,8 dt GE/ha und *BV* mit 11,3 dt GE/ha. Bei Feldgras wurden mit der BQ_O-Beregnung im Durchschnitt aller Versuchsjahre die höchsten Mehrerträge erzielt.

Hinsichtlich der mittleren Ausnutzung des Zusatzwassers bestanden zwischen den abflußgesteuerten Beregnungssteuerungsvarianten keine gravierenden Unterschiede. Bei allen Fruchtarten, außer Feldgras, erbrachte die *BV*-Variante die höchste Zusatzwasserausnutzung.

l's-Standort:

Es wurden die Beregnungssteuerungsvarianten

K_O — ohne Zusatzberegnung

· BQ_O — abflußgesteuerte Beregnung (der Boden wurde zum Beginn der Vegetationsperiode auf 100 Prozent nFK aufgefüllt und bis zum Unterschreiten des verfügbaren Dargebots — D_Q — im Bereich zwischen 65 Prozent und 100 Prozent nFK gehalten)

— *BE* — Beregnungssteuerung (erfolgte nach den Angaben der EDV-Berechnungsberatung) BQV — Kombinationsberegnung (Steuerung wie bei Löl-Standort)

und die Früchte

— Rotklee
— Feldgras
— Zuckerrüben
— Kartoffeln
— Rotklee-Ansaat mit

Grünhafer-Deckfrucht (im folgenden als Grünhafer/Rotklee bezeichnet)

geprüft.

Tafel 4 zeigt die durchschnittlichen jährlichen Zusatzwassermengen und Mehrerträge sowie die Ausnutzung des Zusatzwassers bei verschiedenen Fruchtarten und unterschiedlichen Beregnungsvarianten. Gegenüber der aktuellen Steuerungsvariante *BE* kamen für die BQ_O-Variante durchschnittlich nur 70 Prozent des Zusatzregens zum Einsatz. Vergleicht man den Wassermehrbedarf der EDV-gesteuerten Variante mit der *BQV*-Variante in der Mangelzeit, so ergibt sich für die letztgenannte eine effektive Wassereinsparung von 23 mm. Der insgesamt erhöhte Wasserverbrauch der *BQV*-Variante gegenüber der *BE*-Variante ist wasserwirtschaftlich vordergründig nicht bedeutsam, da die Mehrentnahme aus der fließenden Welle zu Zeiten ausreichenden Dargebots vor der Mangelperiode realisiert wird.

Im Gesamtmittel wurden mit den Varianten *BE* und *BQV* die höchsten Mehrerträge erzielt. Bei der abflußgesteuerten Beregnung betrug er etwa 61 Prozent gegenüber den anderen beiden Varianten. Läßt man jedoch den Minderertrag bei Zuckerrüben wegen der nur einjährig vorliegenden Versuchser-

Tafel 4: **Zusatzwassermengen, Mehrerträge und Zusatzwasserausnutzungen bei unterschiedlichen Fruchtarten und differenzierten Beregnungsvarianten auf dem l'S-Standort (x̄ 1974—1976)**

Rotklee	mittlere jährl. Zusatzwassermengen (mm)						mittlere jährl. Mehrerträge (dt GE/ha)			mittlere Ausnutzung des Zusatzwassers (dt GE/mm·ha)		
	BQ_O	BE	BQV	BQV'	BE'++)	BE'—BQV'	BQ_O	BE	BQV	BQ_O	BE	BQV
Rotklee	190	251	317	116	148	32	25,2	48,7	66,3	0,13	0,19	0,21
Feldgras	182	257	313	134	152	18	42,3	42,6	51,7	0,23	0,17	0,17
Zuckerrüben	63	105	185	86	136	50	—16,5	51,1	56,0	./.	0,49	0,30
Kartoffeln	116	227	196	122	106	—16	40,2	53,2	35,3	0,35	0,23	0,18
Grünhafer/ Rotklee	227	234	317	97	104	7	36,1	47,0	59,2	0,16	0,20	0,19
gewogenes Mittel	161	230	274	114	137	23	30,8+)	47,7	52,6	0,20	0,23	0,20

+) das gewogene Mittel wurde unter Berücksichtigung des Minderertrages bei Zuckerrüben in der BQ_O-Variante errechnet

++) BE'-Wasserbedarf der EDV-gesteuerten Beregnung während der Mangelzeit

Tafel 5: **Relative Mehrerträge der abflußgesteuerten Bewässerungsvarianten — BQ_O- und BQV — im Vergleich zur EDV-gesteuerten Variante BE (Angaben in Prozent)**

Beregnungs-varianten	Fruchtarten Rotklee	Feldgras	Kartoffeln	Grünhafer/ Rotklee	Zuckerrüben
BQ_O	—48,2	— 0,7	—24,4	—23,3	—100
BQV	+36,1	+21,4	—33,6	+26,0	+ 9,6
x̄	— 6,0	+10,4	—29,0	+ 1,4	— 45,2

Tafel 6: **Mittlere Rückflüsse unter verschiedenen Beregnungssteuerungsvarianten und unterschiedlichen Fruchtarten auf einem l'S-Standort (Angaben in Prozent der Zusatzregengabe)**

Fruchtart	Beregnungsvariante BE	BQ_O	BQV	x̄	Jahresabfluß (mm) unberegnete Kontrollvariante
Rotklee	15	7	10	11	70
Feldgras	28	21	26	25	128
Zuckerrüben	45	90	43	59	94
Kartoffeln	67	50	68	62	134
Grünhafer/Rotklee	59	19	86	55	137
gewogenes Mittel	39	32	40	37	114

gebnisse außer acht, so wurden mit der BQ_O-Beregnung immer noch etwa drei Viertel des Mehrertrages der übrigen Steuerungsvarianten erreicht. *Roht* u. a. (1977) geben den mittleren Mehrertrag aller Klarwasserberegnungsanlagen der DDR mit 17 bis 22 dt/GE · ha an. Dieser Richtwert wurde von der BQ_O-Variante mit einem durchschnittlichen Mehrertrag von 30,8 dt/GE/ha auf dem l'S-Standort ebenfalls sicher erreicht.

Die Effektivität der abflußgesteuerten Bewässerung hängt neben der Jahreswitterung entscheidend von den angebauten Fruchtarten ab. Vergleicht man entsprechend Tafel 5 die prozentualen Mehrerträge der Varianten BQ_O und *BQV* mit denen der EDV-gesteuerten Variante — *BE*, die gleich 100 Prozent gesetzt wurden, so ergibt sich nach diesem Bewertungsmodus folgende Eignungsreihe der Fruchtarten für die abflußgesteuerte Bewässerung: Feldgras > Grünhafer/Rotklee > Rotklee > Kartoffeln > Zuckerrüben.

Die mittlere Reihenfolge entspricht den phänologischen Besonderheiten der Fruchtarten, indem Pflanzen mit früher beginnender Vegetation besonders positiv auf einen zeitigen Bewässerungseinsatz reagieren. Damit wird auch der Minderertrag bei Zukkerrüben in der BQ_O-Variante erklärbar.

Die hohe Ausnutzung des Zusatzwassers durch die Kartoffeln in der Variante BQ_O ist auf die günstigen Witterungsbedingungen bezüglich der Anwendbarkeit der vorzeitigen Bewässerung in der dargebotsreichen Periode während der Versuchsjahre zurückzuführen. Im Gesamtmittel wurde auf dem l'S-Standort eine vergleichsweise effektivere Wasserverwertung der *BQ*-Varianten mit durchschnittlich 0,20 dt GE/mm · ha als auf dem Löl-Standort mit durchschnittlich 0,075 dt GE/mm · ha erreicht. Die höchste mittlere Zusatzwasserausnutzung erbrachte die *BE*-Steuerungsvariante mit 0,23 dt GE/mm · ha.

Rückflüsse

Die Realisierung des Bewässerungsprogramms der Landwirtschaft ist mit einer Erhöhung des Wassergebrauches verbunden. In diesem Zusammenhang sind Kenntnisse über die tatsächlich auftretenden Wasserverluste bzw. Rückflüsse aus der Bewässerung von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung. Im Sinne der Hydrologie sind als Verlust sämtliche Anteile des Bewässerungswassers zu bezeichnen, die nicht abflußwirksam werden. Der abflußwirksame Anteil des Bewässerungswassers wird als Rückfluß, das Verhältnis zwischen Rückfluß und eingesetzter Zusatzwassermenge als Rückflußquote bezeichnet. Neben der bestmöglichen Produktionswirksamkeit der eingesetzten Zusatzwassermengen ist seitens der Wasserwirtschaft die Einschätzung des Rückflusses nach der Quantität und der Möglichkeit seiner Wiederverwendung in Abhängigkeit von der Zeit von Interesse. Diese Einschätzung bereitet erhebliche Schwierigkeiten (*Kramer* u. a. 1970; 1973a, b; *Blackmann* u. a. 1977; *Beljaeva* 1978).

Die Rückflüsse unter den Beregnungsvarianten und Fruchtarten des l'S-Standortes zeigt Tafel 6.

Im Mittel stellten sich die kleinsten Rückflüsse für die Variante BQ_O ein. Ein deutlich abweichender Wert liegt für Zuckerrüben vor; neben der nur einjährigen Prüfung kann diese Erscheinung auch im Zusammenhang mit den stärkeren Niederschlägen und der geringen Vegetation während der Realisierung der BQ_O-Beregnung stehen. Der niedrigere Rückfluß der BQ_O-Variante führte zu einer Verminderung der Winterabflüsse. Wasserwirtschaftlich sind diese Ergebnisse besonders positiv zu werten, da sie eine jahreszeitliche Vergleichmäßigung des Abflusses ergeben und die regelmäßig unter Beregnungsflächen eintretenden starken Winterabflüsse, die eine vermehrte Nährstoffauswaschung bedingen, vermindern (siehe Tafel 1).

Die insgesamt niedrigere ganzjährige Rückflußquote der BQ_O-Beregnung und demzufolge ihr relativ höherer Wasserverbrauch resultieren aus der in dieser Variante eingesetzten geringeren Wassermenge. Allgemein steigen die Rückflußquoten mit zunehmender Gabenhöhe an (*Kramer* u. a. 1973).

Schlußfolgerungen

Durch die BQ_O-Beregnung wird entsprechend dem Steuerungsverfahren in der Mangelzeit kein Wasser verbraucht. In der Variante *BQV* wurden auf dem l'S-Standort 23 mm Wasser und auf dem Löl-Standort 20 mm Wasser während der dargebotsarmen Periode eingespart. Diese Wassermenge läßt sich vermutlich durch eine weitere Gabenreduktion in der Mangelzeit erhöhen.

Die relativ hohen Regengaben auf den Versuchsstandorten sind zum einen auf mehrere Trockenjahre während der Untersuchungsperiode — die klimatische Wasserbilanz nach *Klatt* (1967) weist im Mittel der Jahre für den Löl-Standort ein Defizit von etwa 200 mm und für den l'S-Standort von etwa 260 mm aus — und eine beregnungsintensive Fruchtfolge zurückzuführen. Zum anderen bestand experimentell bedingt eine Tendenz für den Einsatz höherer Regenwassermengen, die aus der Mehrfachnutzung

Tafel 7:
Mittlere unterirdische Jahres-, Sommer- und Winterabflüsse für unberegnete und beregnete Versuchsvarianten auf dem l'S-Standort

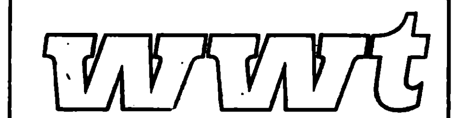
Beregnungsvarianten	Jahr	unterirdische Abflüsse (mm) Sommer	Winter
unberegnet	116	6	110
BE	192	39	153
BQ_0^0	155	36	119
BQV	212	53	159

der Versuchsanlage resultiert. Neben der Prüfung von Beregnungssteuerungsvarianten dienten die Untersuchungsfelder ursprünglich vorrangig der Erforschung von Abfluß- und Rückflußregimen unter Beregnungsbedingungen. Zu diesem Zweck wurden die Regengaben aller Varianten im Rahmen der möglichen Steuerungstoleranzen im oberen Bereich gehalten. Zur *BE*-Variante ist zusätzlich zu bemerken, daß im Anfangsstadium des Beregnungsberatungsdienstes, der speziell für den Standort Seehausen erfaßt wurde, vergleichsweise überhöhte Empfehlungen gegeben wurden. In den Folgejahren sind diese zentralen Beregnungshinweise überarbeitet und objektiviert worden.

Mit der *BQ*o-Beregnung wurden in der Regel Mehrerträge erzielt. Die *BQV*-Beregnung führte darüber hinaus zu Mehrerträgen, die denen der aktuell gesteuerten Vegetationsbewässerungsvarianten etwa gleich sind. Ihr kommt wegen des höheren Ertragszuwachses die größere Bedeutung zu. Die Versuchsergebnisse lassen den Schluß zu, daß die Nutzung der abflußgesteuerten Bewässerung auf den meisten Bewässerungsstandorten der DDR möglich ist, da sich auch der leichte l'S-Standort für die Anwendung dieses Beregnungssteuerungsverfahrens eignet. Der praktische Einsatzbereich der abflußgesteuerten Bewässerung sollte sich anfangs hauptsächlich auf Futterpflanzen beschränken, da hierüber zur Zeit überwiegend positive Forschungsergebnisse vorliegen. Betrachtet man die ökonomische Seite der abflußgesteuerten Bewässerung, besonders die *BQV*-Variante, die offensichtlich die größere Praxisrelevanz besitzt, so ist festzustellen, daß bei einer unter Produktionsbedingungen erreichbaren Wassereinsparung in der Mangelzeit von 20 mm bezogen auf 500 000 ha Bewässerungsfläche, sich ein Minderbedarf von 100 Mill. m^3 Speicherraum ergibt. Hierbei wird davon ausgegangen, daß in der Hauptbewässerungszeit, speziell in Trockenjahren, frei verfügbare Wasserbilanzanteile in den fließenden oder stehenden Oberflächengewässern nicht mehr vorhanden sind. Zusätzlich können als wasserwirtschaftlicher Nutzen jahreszeitlich frühere Rückflüsse erwartet werden. Diese wasserwirtschaftlichen Vorteile sind wahrscheinlich mit Mehraufwendungen infolge der erhöhten Wassermengenförderung für den Landwirtschaftsbetrieb verbunden. Konkrete Untersuchungen hierzu werden zur Zeit vom Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR durchgeführt.

Literatur

/1/ *Beljaeva, T. V.:* Probleme der rationellen Nutzung des Wasserdargebots und einige technologische Veränderungen im Anbau unter Bewässerungsverhältnissen in den USA. Vodnye resuroy, 1978, Heft 1, S. 168—183 (russ.)
/2/ *Blackman, W. C.; Wills, C. G.,* und *Celnicker, A. D.:* Verschmutzung durch Bewässerungsrückfluß. Journal of the Irrigatich and Drainage, Division 1977, Heft 2, S. 207—220 (engl.)
/3/ *Buhtz, E.:* Zur Anwendung der Vorratsbewässerung in der DDR. Meliorationsinformation 4 (1970) 8, S. 13—16
/4/ *Cernikov, O.:* Getreidebau auf bewässerten Ländereien. Zemledelie 30 (1968) 2, Ref. in Meliorationsinformation 2 (1968) 10, S. 20
/5/ *Dimitrijev, V. S.:* Zur Entwicklung der Bewässerung des Weizens in Steppengebieten. Gidrotechnika i melioracija 18 (1966) 4, S. 7 bis 20 (russ.)
/6/ *Dörter, K.; Abdank, M.,* und *Badewitz, M.:* Produktionsexperimente und Organisation der Abwasserverwertung in der KAP Burgwerben. Jahresbericht, MLU-Halle (1975), S. 15—24 Normative für die Beregnung mit Abwasser-Güllefugat-Saalewassergemisch im BNT „Zukkerrübe-Grobfutter-Getreide" auf einem Löß-Standort (Burgwerben). Jahresbericht, MLU-Halle (1977), S. 18—26
/7/ *Filimonov, M. S.:* Winter- und Sommerweizen auf Bewässerungsflächen im Wolgagebiet. Girotechnika i melioracija 22 (1970) 7, S. 66—75 (russ.)
/8/ *Klatt, F.:* Die Steuerung der Beregnung nach dem Beregnungsdiagramm. Z. f. Landeskultur 8 (1967), 1, S. 89—98
/9/ *Kostin, I.:* Die Bewässerung des Weizens im Wolgagebiet. Girotechnika i melioracija 19 (1967) 1, S. 15—25 (russ.)
/10/ *Kramer, D.; Taeger, H.; Weber, W.:* Wasserverluste und ihre Auswirkungen auf den Wasserbedarf bei der Beregnung. WWT 23 (1973) 4, S. 127—130
/11/ *Roth, D.; Richter, W.; Teichardt, R.:* Ergebnisse, Empfehlungen und Richtwerte für die Beregnung von Kartoffeln, Zuckerrüben, Futter und Getreide in der industriemäßigen Pflanzenproduktion. AdL Berlin, Landwirtschaftsausstellung der DDR (1977)
/12/ *Sipko, S.:* Vorratsbewässerung in Sibirien. Zemlja, Sibirskaja Dal'nevostoonaja (1972) 4, S. 55—56 (russ.)



Arbeit der KDT

Neuwahl und Arbeitsplan der Betriebssektion der KDT des IfW

Die Wahlversammlung der BS der KDT des IfW fand am 15. Mai 1980 statt. Es wurden ein Vorstand von neun Mitgliedern mit dessen Vorsitzenden Dr. sc. techn. Lauterbach und ein Revisor gewählt.

Im Mittelpunkt der Veranstaltung stand neben der Rechenschaftslegung und der Wahl die Beratung des Arbeitsplanes 1980 der BS, der in Auswertung der 11. Tagung des ZK der SED und der fünften Präsidiumsberatung der KDT auf die Erhöhung des wissenschaftlichen Niveaus in Forschung und Entwicklung und auf die Steigerung der Effektivität der wissenschaftlich-technischen Arbeit als einen bedeutenden Intensivierungsbeitrag orientiert.

Als Schwerpunkte zur Erfüllung dieser Aufgaben betrachtet die BS folgende Aktivitäten:

- Durchführung von zwei KDT-Objekten, die praxiswirksam mit wasserwirtschaftlichen Objekten im Raum der Hauptstadt der DDR, Berlin, verbunden sind
- Einzelmaßnahmen zur Unterstützung des Orientierungsprogramms des FV Wasser
- Beitrag zur Aus- und Weiterbildung auf Fachtagungen, Kolloquien und Informationsveranstaltungen, vor allem durch direkte Anwenderschulungen und Qualifizierungslehrgänge als notwendige Voraussetzung zur Gewährleistung einer reibungslosen Überführung von Forschungsergebnissen in die Praxis
- Mitarbeit bei der Präzisierung der weiteren Forschungsstrategie durch Durchführung einer Problemdiskussion zur Wasserbedarfsforschung als Vorbereitung für den Fünfjahrplan 1981/85 und Mitwirkung bei der Erarbeitung einer Forschungskonzeption zum Gesamtproblem „Grundwasserbeschaffenheit"
- Intensivierung der Arbeit auf den Gebieten des Urheberrechts und Schutzrechts.

Dr. Rüdiger,
Sekretär der BS der KDT

Ein Verfahren zur Aufbereitung und Kreislaufnutzung von biozidhaltigen ACZ-Abwässern

Dr. agr. Gerhard SCHMALAND und Dr. habil. Dietrich KRAMER
Beitrag aus dem Institut für Wasserwirtschaft

Die Konzentration der Pflanzenschutzarbeiten in den ACZ bringt neben dem ökonomischen Nutzen auch Vorteile für den Umweltschutz. Dem spezialisierten Personal dieser Betriebe kann das erforderliche Wissen über die möglichen Schadwirkungen der von ihnen ausgebrachten Stoffe leichter vermittelt werden. Mit zunehmenden Kenntnissen über die notwendige Vorsicht beim Umgang mit Bioziden wächst gewöhnlich auch das Verantwortungsbewußtsein.

Durch die konzentrierte Handhabung der Biozide in den ACZ ist es zum ersten Mal möglich, die Restbrühen und Maschinenwaschwässer kontrolliert zu verwerten. Das ist deshalb dringend notwendig, weil relativ große Mengen auf engem Raum anfallen, die besonders die Grund- und Oberflächengewässer bei unsachgemäßer Behandlung mehr als bisher verunreinigen. Natürliche Kontaminationsschranken werden leichter durchbrochen, die Schadschwellen leichter überschritten.

In jedem Agrochemischen Zentrum fallen jährlich etwa 400 m^3 biozidhaltigen Abwassers an. Sie sind gemäß ABAO 108 mit den üblichen Applikationsverfahren für Pflanzenschutzmittel zu verteilen. Das ist jedoch unter praktischen Bedingungen nur bedingt möglich. Daher werden diese Wässer gewöhnlich mit Fäkalienwagen und somit in überhöhten Dosen auf Acker- und Ödlandflächen ausgebracht. Die ACZ-Biozidabwässer können in diesen Mengen auf Grund ihrer Zusammensetzung aber nur schwer ohne Nachteil auf Ackerflächen verteilt werden, da in bezug auf die Humantoxizität besonders die Insektizide stören, während die Herbizide Ertragsausfälle bewirken können. Ödland steht dagegen nicht unbeschränkt zur Verfügung. Es ist außerdem oft Reservat für bedrohte Arten und sollte deshalb möglichst vor derartigen Belastungen bewahrt bleiben.

Ganz allgemein besteht durch die hohen Ausbringmengen die Gefahr der Überbelastung des Speicher- und Abbauvermögens der Böden. Wie wir auf Grund erster Ergebnisse eines Lysimeterversuchs feststellen konnten, werden beispielsweise die Insektizide Methylparathion, Dimethoat, Toxaphen, Butonat, Trichlorphon und Lindan nach der Applikation der dreifachen praxisüblichen Aufwandmengen des Pflanzenschutzes im Verlauf einer Vegetationsperiode in gewässertoxikologisch bedenklichen Mengen aus einem Sandboden ausgewaschen (*Schmaland*, 1979). Für Dimethoat liegt eine ähnliche Feststellung von *Beitz* u. a. (1976) vor. Diese Autoren geben eine Belastbarkeit des Bodens von 0,37 g/m^2 an. Im eigenen Versuch war sie $< 0{,}17\ g/m^2$.

Besonders die Nachteile für den Boden führten dazu, die biozidhaltigen Abwässer in biologische Abwasserreinigungsanlagen einzuleiten. Die ersten Ergebnisse dieser Untersuchungen (*Müller*, 1977; *Jany, Bönig* und *Müller*; 1979) können trotz einiger guter Eliminationsleistungen gegenwärtig nicht verwertet werden, da der Nachweis über den Abbau der im natürlichen Gewässer weitgehend abbauresistenten und damit gewässertoxikologisch besonders bedenklichen Stoffe fehlt.

Weiterhin bleibt die Frage der landwirtschaftlichen Verwertung biozidangereicherter Schlämme offen. Die ebenfalls vorgeschlagene Verfestigung der ACZ-Abwässer mit Wasserglas und ihre anschließende Deponie erscheint bei dem gestiegenen Abwasseranfall kaum noch vertretbar. Als sichere und im Interesse des Umweltschutzes optimale Methoden können die Verbrennung, Versenkung und Verpressung angesehen werden. Sie sind jedoch für die Gesamtmenge des anfallenden Abwassers wegen der erforderlichen Transport- und Energiekosten kaum praktisch zu nutzen. Vielseitig anwendbar erscheinen die von *Winkler* und *Beitz* (1979) vorgeschlagenen Methoden zur Dekontamination der Abwässer durch Kalkzugabe und Sorption der Biozide an Filteraschen. Für den Betrieb derartig kleiner Anlagen wird aber häufig kein spezialisiertes Personal zur Verfügung stehen, daher muß die Wartungsfreiheit im Normalbetrieb als Hauptkriterium der Verwendbarkeit derartiger Verfahren angesehen werden.

Um dieser Forderung gerecht zu werden, führten wir Untersuchungen, die auf eine Kreislaufnutzung der Wässer ohne Zuschlagstoffe und die Eindickung der Schlämme unter Nutzung der natürlichen Verdunstung abzielten, durch.

Die teilweise Trennung von PSM und Wasser erscheint grundsätzlich möglich, weil die meisten Präparate wasserunlösliche Anteile besitzen und auch die Wirkstoffe im allgemeinen nur wenig löslich sind. Die Untersuchungen wurden daher unter der Annahme durchgeführt, daß sich bei einem im Kreislauf geführten Wasser die Anreicherung der gelösten bzw. suspendierten Stoffe in Grenzen halten müßte, wenn eine Absetzphase eingeschaltet wird. Auf diese Weise sollte es gelingen, die durch die wiederholten Nutzungen jeweils neu zugeführten Mengen immer wieder zu einem großen Teil abzuscheiden. Das Wasser behält seine Eignung für die Wäsche, zumindest die Vorwäsche. Der Schlamm kann entnommen, im überdachten Trockenbeet vom restlichen Wasser befreit und so energiesparend für die Deponie oder Verbrennung aufbereitet werden.

Material und Methoden

Als Grundlage für die Bereitung des Modellwassers diente das Sortiment der im ACZ Querfurt verwendeten PSM und MBP (*Müller, Jung* und *Sobol*, 1978). Die Konzentration wurde unter der Annahme bestimmt, daß je Produkt 200 600 Liter Restbrühe anfallen, die jeweils mit der zweifachen Klarwassermenge (Waschwasser) verdünnt werden. Die Menge der Restbrühen wurde nach der jährlich angewendeten Menge der Mittel in folgender Ordnung festgelegt:

Anwendungsmenge $<$ 1 000 kg = 200 l Restbrühe
Anwendungsmenge 1 000–10 000 kg = 400 l Restbrühe
Anwendungsmenge $>$ 10 000 kg = 600 l Restbrühe.

Zusätzlich zu der so bestimmten Ausgangslösung bzw. Aufschwemmung wurden zur Simultation wiederholter Nutzungen auch entsprechende Modellwässer in zwei-, drei-, zehn- und 15facher Konzentration bereitet.

Sie enthielten neben sonstigen Stoffen neun Insektizide, drei Fungizide und 15 Herbizide in festen und flüssigen Formulierungen. Die Untersuchungen wurden in zwei Abschnitten ausgeführt. Für die Versuche dienten Imhofftrichter, in die die beschriebenen Lösungen unterschiedlicher Konzentration eingebracht und an denen die Absetzvorgänge im ruhenden Wasser beobachtet wurden.

Um den Prozeß, der in den dargestellten Modellversuchen unter statischen Bedingungen abläuft, auch für den kontinuierlichen Betrieb in der Praxis einzurichten, erwies sich die Verwendung eines Dortmundbrunnens als günstigste Variante. Im Modell leiteten wir das einfach konzentrierte Wasser (1,45 g/l Trockensubstanz) mit unterschiedlichen Durchsatzgeschwindigkeiten (Tafel 2) mehrfach im Kreislauf durch ein fünf Liter fassendes Modell einer solchen Anlage.

Zur Ermittlung der Reinigungswirkungen bestimmten wir die Trockensubstanzgehalte der Wässer. In einigen Fällen prüften wir

Tafel 1: Trockenmassegehalt der in Imhofftrichtern gelagerten Biozidabwässer nach unterschiedlicher Lagerdauer
(Angaben in g/l Feststoffe)

Konzentration d. Modellwassers	Lagerdauer (d) 0	3	6	10	15	20
15-fach	9,1	5,66	4,52	4,50	4,52	4,60
dreifach	2,5	2,48	2,00	1,66	1,60	1,55
zweifach	2,1	2,07	1,96	1,82	1,81	1,77
einfach	1,45	1,40	1,42	1,10	1,10	1,12

Tafel 2: Trockensubstanz des Modellwassers bei unterschiedlichen Durchsatzhäufigkeiten und Geschwindigkeiten
(Angaben in g/l)

Durchsatz-geschwindigkeit (d)	Durchsatzhäufigkeit (Nutzung) 1	5	7	8	10	15
2	1,4	3,5	4,1	5,2	4,9	5,7
3	1,4	3,5	4,1	4,8	5,0	5,7
5	1,2	3,6	3,8	4,1	4,8	5,3
7	1,4	3,6	3,7	4,1	4,1	4,8
10	1,0	2,5	2,0	4,0	4,0	4,6
12	1,0	2,6	2,1	4,1	4,0	4,6

Tafel 3: Die Ergebnisse der Toxizitätstests

Testlösungen Verdünnung Variante	Verhältnis Brühe : Klarwasser	Nutzungshäufigkeit	Lemna-Test Bonitierungsnote	Guppy-Test 18 h-Mortalität (Prozent)
		Kontrolle	1,0	0
relativ	1 : 10	1	2,5	80
	1 : 50	5	2,0	60
	1 : 100	10	1,0	0
gleichmäßig	1 : 50	1	3,5	30
		5	4,5	40
		10	4,5	40

die Abnahme der Toxizität in Guppy- und Lemna-Tests und die Schaumbildung durch eingeleitete Luft.

Ergebnisse

In Tafel 1 ist die Konzentration verschieden konzentrierter Modellwässer im statischen Versuch in Abhängigkeit von der Lagerdauer dargestellt.

Die Ausgangswerte (Spalte 0) ergeben sich aus der Konzentration von 0,55 bis 8,2 g/l Biozid plus dem Grundwert von 0,9 g/l aus dem an sich vorhandenen Abdampfrückstand des Wassers.

Wie die Werte der Entwicklung der Trokkensubstanzgehalte zeigen, vermindert sich die Konzentration aller geprüften Brühen während der Lagerung. Sie nimmt erwartungsgemäß bei dem höchsten Ausgangswert relativ am stärksten ab. Die optimale Lagerzeit liegt offenbar bei etwa zehn Tagen.

Die Ergebnisse des kontinuierlichen Versuchs sind in Tafel 2 dargestellt. Für das Modellwasser war auch nach diesen Ergebnissen, wie schon im statischen Versuch, die Aufenthaltsdauer von zehn Tagen offensichtlich optimal. Das danach bei simulierter zehnfacher Nutzung vorliegende Wasser mit einem Feststoffgehalt von etwa 4 g/l ist für den Zweck der Maschinenwäsche brauchbar.

Die Toxizitätsverminderung wurde im Lemna- und im Guppy-Test mit den einfach, fünffach und zehnfach genutzten Brühen des kontinuierlichen Versuchs nach zehntägiger Lagerung geprüft. Dazu wurden die Brühen in zwei Varianten verdünnt:

— Relativ; entsprechend dem theoretischen Feststoffgehalt ohne Berücksichtigung der Absetzerscheinungen, d. h. die fünffach bzw. zehnfach genutzten Brühen wurden im Vergleich zur einfach genutzten fünf- bzw. zehnfach stärker verdünnt

— Gleichmäßig; ohne Berücksichtigung der Nutzungshäufigkeit.

Hiernach müßten die Schadwerte in den Biotests mit zunehmender Nutzungshäufigkeit in der ersten Variante gleichbleiben, in der zweiten Variante zunehmen, sofern nicht — wie erwartet — eine Abnahme der toxischen Konzentration im Verfahren eintritt. Die Ergebnisse liegen in Tafel 3 vor. Der Bonitierungsschlüssel für den Lemnatest bezeichnet mit der Note 1 sehr gut gedeihende, mit der Note 5 abgestorbene Pflanzen.

Bei relativer Verdünnung nehmen die Toxizitätswerte in beiden Tests mit der Nutzungshäufigkeit ab. Es bestätigt sich, daß bereits bei fünffacher Nutzungshäufigkeit eine Abscheidung toxisch wirksamer Substanzen eintritt.

Die Schaumbildung blieb deutlich geringer als die einer Lösung des Waschmittels „Fit" von 0,5 g/l. Der maximal durch Lufteinleitung erzeugbare Schaum betrug etwa $^1/_4$ des Flüssigkeitsvolumens. Technische Störungen sind daraus nicht zu erwarten.

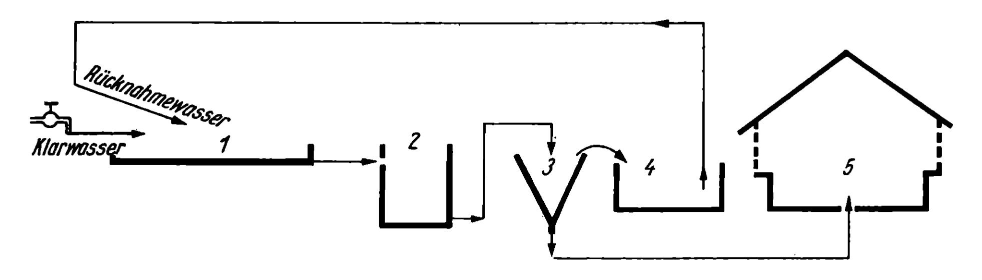
Die praktische Nutzung des Verfahrens

Das vorgeschlagene Verfahren ermöglicht eine wartungsfreie Kreislaufnutzung der Waschwässer und Restbrühen von ACZ (Bild 1). Die auf einer abflußlosen Waschplatte (1) gesammelten Waschwässer werden durch einen Ölabscheider (2) und anschließend mit einer theoretischen Aufenthaltszeit von 10 d durch einen Dortmundbrunnen (3) geleitet. Der Überlauf gelangt in einen Rücknahmespeicher (4). Der Schlamm wird durch bloßes Öffnen eines Ventils zur Austrocknung in ein überdachtes Trockenbeet (5), bestehend aus zwei Abteilungen, geleitet. Er kann anschließend verbrannt oder auf eine geordnete Deponie gebracht werden. Waschwasser wird im weiteren Betrieb dem Rücknahmespeicher entnommen. Falls notwendig, kann mit Klarwasser nachgewaschen werden, das gleichzeitig den Verdunstungsverlust ersetzt.

Weitere Einzelheiten zur technischen Ausführung sind der Patentschrift C02C5/00 132261 zu entnehmen.

Für die Projektierung einzelner Anlagen können zusätzliche Eliminierungsleistungen durch spezielle Anpassungen der Auslegung und des Betriebes erzielt werden.

Dieses System läßt sich über mehrere Jahre betreiben. Dazu sind die Behälter 2, 3 und 4 entsprechend Bild 1 frostfrei zu halten. Bei Instandsetzungen sind die Anlagenteile zu leeren. Für die Behandlung dieser Wässer bietet sich die übliche weiträumige Verteilung an. Unter Beachtung der Forderungen der ABO 108 und unter Berücksichtigung der das Verfahren auszeichnenden Toxizitätsabnahme darf die Belastung 1,6 m³/ha.a nicht übersteigen.



Literatur

/1/ *Beitz, H.; Winkler, R.; Sichting, M.; Schmidt, H.:* Untersuchungen zur Erfassung der Grundwasserkontaminationsfähigkeit ausgewählter PSM. Nachrichtenbl. Pflanzenschutz DDR, (1976) 5, S. 89—94

/2/ *Jany, H.:* Probleme und Vorschläge zur Beseitigung pflanzenschutzmittelhaltiger Reinigungswasser in ACZ. Nachrichtenbl. Pflanzenschutz d. DDR, (1974) 10, S. 209—212

/3/ *Jany, H.; Müller, R.; Hofmann, S.:* Möglichkeiten zur Deponierung, Beseitigung und Inaktivierung pflanzenschutzmittelhaltiger Waschwasser und Restbrühen aus ACZ. Nachrichtenbl. Pflanzenschutz DDR, 5 (1976), S. 86—89

/4/ *Jany, H.; Böning, H.; Müller, R.:* Gegenwärtige Bedingungen zur Beseitigung von pflanzenschutzmittelkontaminierten Abwässern, Brüheresten und Schlämmen aus ACZ. Nachrichtenbl. Pflanzenschutz DDR, (1979) 7, S. 134 bis 137

/5/ *Müller:* Einleitung von pflanzenschutzmittelhaltigem Abwasser aus dem ACZ Querfurt in die chemisch-biologische Reinigungsanlage des VEB Hydrierwerk Zeitz, BT Mineralölwerk Lützkendorf. Versuchsbericht 1974 (unveröffentlicht)

/6/ *Müller, R.; Jany, H.; Sobol, B.:* Einleitung von PSM-haltigen Abwässern aus dem ACZ Querfurt in die kommunale Abwasserreinigungsanlage Braunsbreda. Abschlußbericht 1978 (unveröffentlicht)

/7/ *Schmaland, G.:* Auswaschung ausgewählter Insektizide aus landwirtschaftlich genutzten Böden im Lysimeterversuch. Vortrag geh. vor RGW-Symposium 22.—25. 5. 1979 in Gdansk

/8/ *Winter, W.; Dietel, E.; Starke, W.:* Immobilisierung von Abwasser; Versuch und erste praktische Erfahrungen. WWT 24 (1975) 10, S. 349

/9/ *Winkler, R.; Beitz, H.:* Inaktivierung pflanzenschutzmittelhaltiger Abwässer aus agrochemischen Zentren Nachrichtenbl. Pflanzenschutz DDR, (1979) 7, S. 137—141

Bestimmungen des Stoffaustrags aus Böden mit Versickerungswasser nach der Saugkerzenmethode

Dr. Christoph GERICKE, Dipl.-Chem. Gerhard ECKELMANN,
Dipl.-Geogr. Wilfried BERGMANN und Dipl.-Landw. Hermann TAEGER
Beitrag aus dem Institut für Wasserwirtschaft und dem
VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Neubrandenburg

Zur Bestimmung des Nährstoff- und Schadstoffaustrags landwirtschaftlich genutzter Böden oder Bodenfilter werden überwiegend Perkolate aus Lysimetern und Dränanlagen verwendet. Diese Wassergewinnungsverfahren haben den Nachteil, daß

- die Installation und Betreuung der Anlagen relativ zeit- und kostenaufwendig ist
- die Bodenstruktur beim Einbau verhältnismäßig stark gestört wird
- sie vom Auftreten freien Sickerwassers abhängig sind
- sie auf eine bestimmte Bodentiefe, in der Regel um 1 m, beschränkt bleiben.

Das Tiefenproblem spielt auch bei der Güteeinschätzung des Grundwassers in grundwasserfernen Böden eine Rolle, wo das Einbringen von Grundwassermeßstellen ab einer bestimmten Grundwassertiefe ökonomisch unvertretbar hoch wird.

Zur Vermeidung der genannten Nachteile bedient man sich in den letzten Jahren in zunehmendem Maße einer Technik, bei der mit Hilfe einer porösen Membran aus keramischem Material oder Kunststoff das Bodenwasser von der Bodenmatrix extrahiert wird. /10, 1, 3, 4/ Diese Saugvorrichtungen gestatten im mobilen oder stationären Betrieb aus nahezu ungestörtem Boden die Entnahme von freiem Sickerwasser (bis zu Saugspannungen pF = 1,7) und darüber hinaus von gebundenem Sickerwasser (bis zu Saugspannungen pF = 2,5) bzw. kapillarem Haftwasser (bis zu Saugspannungen pF = 3,0) in unterschiedlichen Bodentiefen. Von einem Neuererkollektiv des Instituts für Wasserwirtschaft Berlin und des VEB WAB Neubrandenburg wurde eine stationäre Saugvorrichtung entwickelt und erprobt, bei der zehn Keramikkerzen in Sonden der Meßtiefen 0,5 m bis 5 m im Verbund gekoppelt sind.

Aufbau der Saugvorrichtung

Die Saugvorrichtung (Bild 1) besteht aus den Hauptteilen Vakuumpumpe (2), Vakuumbehälter (3) und den Sonden (8). Die Vakuumpumpe, die mit einem Benzinmotor (1) angetrieben wird und der Vakuumbehälter sind gemeinsam auf eine Grundplatte montiert und bilden ein mobiles System, während die Sonden im Untersuchungsgebiet stationär angeordnet wurden. Das Volumen des Vakuumbehälters richtet sich nach Zahl der angeschlossenen Sonden.

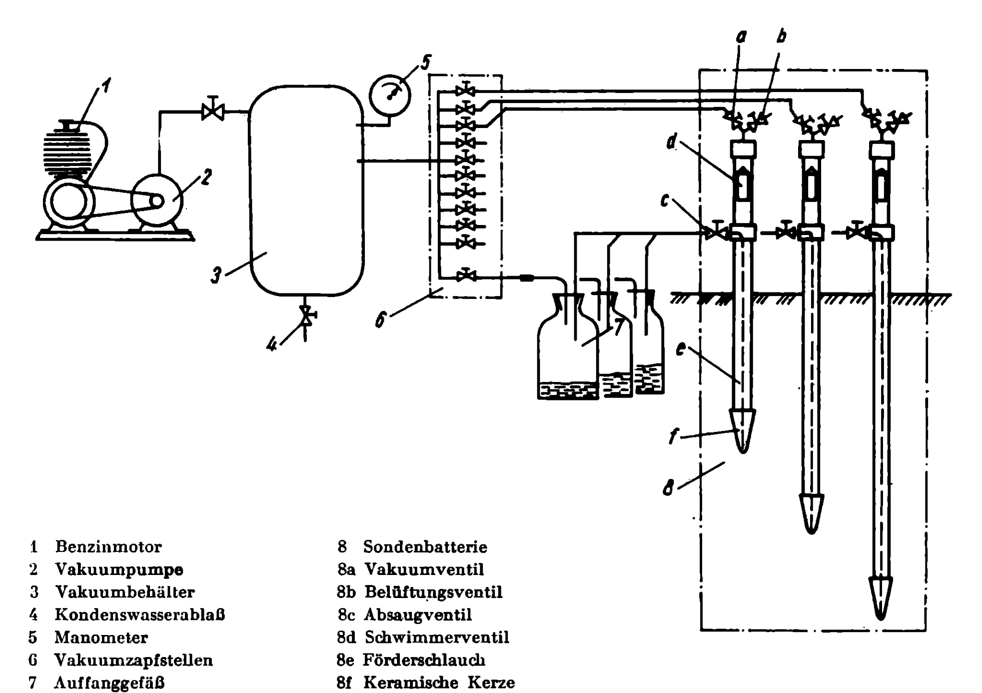
Das Herzstück der Sonde bildet eine Glasfilterkerze vom Typ 225 G 5 (8 f) mit einem maximalen Porendurchmesser von 1,3 mm und den Abmessungen 110 mm Länge und 35 mm oberer Durchmesser. Sie ist am unteren Ende eines PVC-h-Rohres (32 mm × 1,8 mm) angebracht. Im oberen Abschnitt der Sonde gabelt sich das Steigrohr. Beide Abzweige sind durch Schlauchhähne verschließbar (8a—c). Vom Schlauchhahn 8c bis zum Boden der Glasfilterkerze reicht ein Förderschlauch (8e). Über den anderen Abzweig ist die Verbindung zwischen Sonde und Vakuumbehälter möglich. In diesem Abzweig befindet sich ein Schwimmerventil (8d), das ein eventuelles Eindringen von Bodenwasser in den Vakuumbehälter verhindern soll.

Einbau und Probenahme

Mit einem 1½" Bodenbohrer wird ein Loch gebohrt und die Sonde in die vorgesehene Tiefe eingebracht. Vor dem Einbau der Sonde ist der Filterkörper mit destilliertem Wasser zu sättigen. Der die Glasfilterkerze umgebende Hohlraum wird mit Feinerde verfüllt und sorgfältig verfestigt. Der Rest wird mit Bodensubstrat verfüllt und verdichtet. Nach dem Absaugen des destillierten Wassers aus der Glasfilterkerze ist die Sonde betriebsbereit. Soll Bodenwasser gewonnen werden, sind die Sonden zu evakuieren. Dabei sind die Belüftungs- und Absaugventile (8b, c) geschlossen. Je nach aktueller Bodenwasserspannung, angewendetem Unterdruck, Bodenwasservorrat und kapillarem Leitvermögen füllen sich die Sonden unterschiedlich schnell (Minuten bis Tage).

Zur Einschätzung des angelegten bzw. anzulegenden Vakuums empfiehlt es sich, durch gleichzeitige gravimetrische bzw. radiometrische Bodenfeuchtemessungen oder Tensiometer-Saugspannungsmessungen den aktuellen Bereich der Saugspannungs-Wassergehaltskurven der Bodensubstrate zu ermitteln.

Für die Entnahme des Wassers aus den Sonden sind die Vakuumventile (8a) zu schließen. Danach werden nacheinander die Absaugventile (8c) und die Belüftungsventile (8b) geöffnet. Das Bodenwasser strömt über den Förderschlauch (8e) in die Auffanggefäße (7).



1 Benzinmotor
2 Vakuumpumpe
3 Vakuumbehälter
4 Kondenswasserablaß
5 Manometer
6 Vakuumzapfstellen
7 Auffanggefäß
8 Sondenbatterie
8a Vakuumventil
8b Belüftungsventil
8c Absaugventil
8d Schwimmerventil
8e Förderschlauch
8f Keramische Kerze

Bild 1 Funktionsschema der Saugvorrichtung zur Gewinnung von freiem und ungebundenem Bodenwasser

Praktische Erprobung

Als Einsatzgebiete für die Saugvorrichtung wurde die 29,5 ha große Entlastungsfläche des Abwasserverwertungsgebietes Jabel/Schwenzin, etwa 7 km nordwestlich der Kreisstadt Waren, gewählt (Bild 2). Ziel der langfristig angelegten Untersuchungen ist es, durch die Gewinnung von Bodenwasser aus unterschiedlichen Bodentiefen bis in die Nähe des Grundwasserleiters einen Einblick in die Stoffwandlungsprozesse während der Bodenpassage sowie den Stofftransport in das Grundwasser zu gewinnen, um verläßliche Ausgangsdaten für den im Rahmen eines Meßnetzprogrammes (Grundwasser- und Vorflutermeßstellen) zu ermittelnden Stoffabbau im Grundwasserleiter bzw. im Abwasserverwertungsgebiet zu erhalten.

Versuchsbedingungen

Der Standort befindet sich in einem Gebiet mit ausgeprägter Bändersand-Braunerde. Im Zuge der Errichtung der niveaugleichen ebenen Becken des Bodenfilters wurden der A_P- und B_V-Horizont sowie Teile des C_1-Horizonts abgetragen, so daß sich die jetzige Erdoberfläche im Übergangsbereich vom C_1- zum C_2-Horizont befindet. Das Grundwasserspiegelniveau schwankt im Bereich der Entlastungsfläche je nach den natürlichen und durch die Abwasserversicherung künstlich beeinflußten Bedingungen zwischen 4 m und 6 m unter Gelände. Außerhalb der Vegetationsperiode werden im Zeitraum November bis März auf der mit zweijährigem Feldgras bestellten Entlastungsfläche 2 900 m mechanisch geklärtes kommunales Abwasser versickert. Hieraus resultieren Stickstoffbelastungen von 935 kg/ha und Phosphorbelastungen von 345 kg/ha.

Ergebnisse

Die geförderten Bodenwassermengen sind entsprechend der aktuellen Bodenfeuchte sehr unterschiedlich. Während im Zeitraum der Abwasserversickerung in kurzer Zeit in jeder Bodentiefe für die Analyse ausreichende Bodenwassermengen gefördert wer-

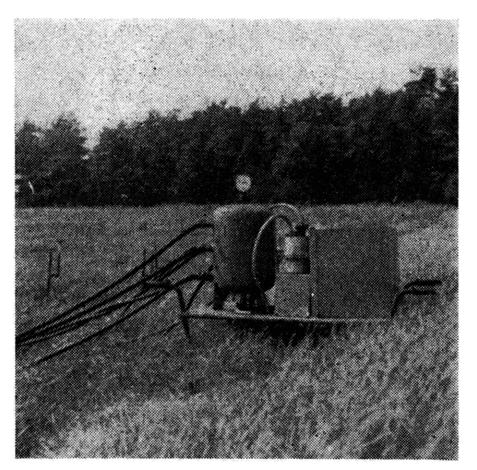


Bild 2 Einsatz einer Saugvorrichtung im Abwasserverwertungsgebiet Jabel/Schwenzin, Kreis Waren

den können, stehen in der Vegetationsperiode teilweise nur wenige Milliliter an vorwiegend gebundenem Bodenwasser zur Verfügung (Tafel 1), die durch mehrstündiges Anlegen des maximal möglichen Vakuums (Kompensation von Saugspannungen bis zu pF = 2,98) gewonnen werden müssen.

Im Vergleich der Bodentiefen wirken sich für die Fördermengen zusätzlich eingelagerte Bänder und der kapillar gesättigte Grundwassersaum aus.
Trotz der teilweise geringen Bodenwassermengen können die wichtigsten Inhaltsstoffe quantitativ erfaßt (Tafel 2) und somit erste Erkenntnisse zu Stoffwandlungsprozessen während der Bodenpassage gewonnen werden.

Offene Probleme

Qualität des Extraktionswassers

Zur Aufrechterhaltung der natürlichen Saugspannung und zur Minimierung der Wassermenge für die kapillare Sättigung des porösen Mediums werden die Porengrößen der Filterkerzen $< 2\,\mu m$ — also kleiner als der Grenzdurchmesser der zu entwässernden Poren — gehalten. Dies kann zu Verfälschungen der Inhaltsstoffkonzentrationen durch Filtration anorganischer und organischer Schwebstoffe führen. Für ortho-Phosphat und organisch gebundenen Phosphor ist dieser Effekt durch vergleichende Untersuchungen in Gülleperkolaten von De La LANDE CREMER nachgewiesen worden. /2/ Ähnliche Ergebnisse sind hinsichtlich der organischen Belastung, wo Minderungen für die Kriterien BSB zw. CSV auftreten können, und verschieden gebundene N-Formen erwartbar.

Bezüglich der Konzentration an Erdkaliionen weist *Germann* /3/ darauf hin, daß das keramische Material Kalzium- und Magnesiumionen an das durchströmende Bodenwasser abgeben kann.

Allgemein kann von einer qualitativen Vergleichbarkeit des Extrationswassers mit dem auf herkömmlichen Wege gewonnenen Sickerwasser erst dann gesprochen werden, wenn der Unterdruck kontinuierlich der sich ändernden Saugspannung im Boden angepaßt wird, so daß keine Partien des Bodens entwässert werden, die am Sickerwasserstrom keinen oder nur einen untergeordneten Anteil haben. /6/ Die hierzu erforderlichen kontinuierlichen Saugspannungs- bzw. Wassergehaltsmessungen dürften allerdings z. Zt. in der Praxis nur schwer zu realisieren sein. Zumindest sollte aber bei der Gewinnung vom vergleichbaren Extraktionswasser darauf geachtet werden, daß das einmalig angelegte Vakuum nur Saugspannungen bis zum Bereich der aktuellen Feldkapazität kompensiert.

Quantität des Extraktionswassers

Es ist bisher auch für geringen Unterdruck nicht gelungen, eine zuverlässige Korrelation zwischen Extraktionsrate und Versickerungsrate zu gewinnen, deren Kenntnis eine praktikable frachtbezogene Handhabung der Saugkerzenmethode gestatten würde. Als Ursache der negativen Modellrechnungen werden der nicht exakt zu erfassende Übergangswiderstand im Kontaktbereich Boden/Extraktionskörper und die komplizierten Fließbedingungen um den Extraktionskörper genannt. /7/ Nach wie vor muß deshalb die Versickerungsrate gleichzeitig und unabhängig vom Extraktionsvorgang experimentell bestimmt oder in erster Näherung über die klimatische Wasserbilanz am Standort berechnet werden. Für die Saugkerzenmethode haben die Sickerwasserberechnungen von *Timmermann* u. a. (1975) bzw. *Schweiger* (1976) brauchbare, mit Lysimeterversuchen vergleichbare Auswaschungsfrachten erbracht. /9, 8/

Zukünftig wird die präzisere Ermittlung der Versickerungsrate (u. a. durch Einbeziehung von Bodenparametern) über rechnergestützte Simulationsprogramme der ein- und zweidimensionalen Bodenwasserbewegung in der Aerationszone bestimmend sein. /5/

Bodentiefe cm	Wassergehalt des Bodens Vol.-Prozent	aktuelle Saugspannung des Bodens pF	geförderte Wassermenge ml
50	9,4	1,9	15
70	11,4	1,6	35
90	12,7	1,5	200
300	nicht gemessen	—	20
400	nicht gemessen	—	600
500	nicht gemessen	—	2000

Tafel 1: Gewonnene Wassermengen in Abhängigkeit von der Bodentiefe am Beispiel der Entnahme vom 24. 10. 1978 (Vakuum: 5,33 kPa /40 Torr/; Saugzeit: 3 Stunden)

Bodentiefe cm	pH	in mg/l Phosphor (Gesamt)	Nitrat	Nitrit	Ammonium	Chlorid	CSV-Mn
50	7,05	12,25	26,0	1,33	1,12	53,3	175
70	8,25	13,50	29,0	0,30	0,72	21,3	80
90	6,38	4,80	945,0	0,12	0,02	67,5	41
300	8,32	1,00	59,0	0,25	3,20	186,0	14,4
400	7,20	0,78	524,0	0,07	n. n.	111,0	10,1
500	7,20	0,14	7,5	0,02	n. n.	104,0	4,8

Tafel 2: Analysenergebnisse vom Bodenwasser am Beispiel der Entnahme vom 24. 10. 1978

Literatur

/1/ *Czeratzki, W.:* Saugvorrichtung für gebundenes Bodenwasser. Landwirtsch. Forsch. 23 (1971), S. 391—392

/2/ *De La Lande Cremer, L. C. N.:* Der Einfluß des Filtrierens auf den Phosphatgehalt verschmutzter Bodenlösungen. Landwirtsch. Forsch. 27 (1974), S. 129—133

/3/ *Germann, P.:* Eine Methode zur Gewinnung von kapillar gebundenem Bodenwasser — Testergebnisse und erste Analysendaten. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 16 (1972), S. 146—155

/4/ *Jackson, D. R.: Brinkley, F. S.* und *E. A. Bondietti:* Die Extraktion von Bodenwasser mit Hilfe von Zellulose-Hohlseide Soil Sci. Soc. Amer. J. 40 (1976), S. 327—329

/5/ *Luckner, L.; Peschke, G.* und *G. Schreiber:* Digitale Simulation der Strömungsvorgänge in der Aerationszone Acta Hydrophysica 23 (1978) 4, S. 249—289

/6/ *Mayer, R.:* Ermittlung des Stoffaustrags aus Böden mit dem Versickerungswasser Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 20 (1974), S. 292—299

/7/ *Ploeg, R. R. van der* und *F. Beese:* Über die Anwendung von Saugkerzen und Saugplatten zur Bestimmung von Sickerwasserraten Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 23 (1976), S. 47—48

/8/ *Schweiger, P.:* Vergleich der Mineralstoffauswaschung im Lysimeter bzw. nach der Saugkerzenmethode Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 23 (1976), S. 49—55

/9/ *Timmermann, F.; Feger, V.* und *E. Welte:* Sickerwasserberechnung und Nährstoffgehaltsmessungen in der abgesaugten Bodenlösung zur Bestimmung der Nährstoffauswaschung auf einem Lößlehmstandort Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 22 (1975), S. 251—270

/10/ *Wagner, G. H.:* Der Gebrauch poröser Keramikkerzen zur Gewinnung von Bodenwasser in Abhängigkeit von der Bodentiefe Soil Sci. 94 (1962), S. 379—386

Fortsetzung von Seite 235

Literatur

/19/ *Claus, E., Kittner, H., May, R.:* Methoden der statistischen Versuchsplanung zur Bestimmung funktioneller Zusammenhänge bei Prozessen in der Wasseraufbereitung. WWT 29 (1979) 4, S. 134—138

/20/ TGL 22433 Trinkwasser, Gütebedingungen, April 1971

/21/ *Wiegleb, K.:* Nitrateliminierung aus Trinkwasser durch Ionenaustauscher. Diss. B, TU Dresden, Sektion Wasserwesen, 1979

/22/ *Wiegleb, K.:* Verfahrensentwicklung zur Senkung der Nitratbelastung im Reinwasser des Wasserwerks Dörtendorf. Forschungsbericht, Teil Ionenaustauschverfahren (V 8), FZ Wassertechnik, Dresden 1979

/23/ *Wiegleb, K.:* Regenerierung von Ionenaustauschern zur Nitrateliminierung. Manuskript, vorges. Veröffentlichung in Acta hydrochim. hydrobiol.

/24/ *Scholze, C., Stolz, L., Wissel, D., Wiegleb, K.:* Die Nitratelimination in der Trinkwasseraufbereitung. Acta hydrochim. hydrobiol. 6 (1978), 5, S. 451—461

/25/ Ionenaustauscheranlagen zur Nitrateliminierung aus Trinkwasser. Lizenz-Angebotsinformation. Kombinat Wassertechnik und Projektierung Wasserwirtschaft, Halle; in Druck

Bau- und bergbautechnische Gesichtspunkte für die optimale Gestaltung von Triebwasserleitungen

Dipl.-Ing. Georg LOHSE
Beitrag aus dem VEB Kombinat Kraftwerksanlagenbau Berlin

Unter dem Begriff Triebwasserleitungen (TWL) ist zu verstehen:

— Die Teilanlage eines Pumpspeicherwerkes (PSW)
Verbindungsleitung für Triebwasser vom Oberbecken zum Unterbecken über die hydraulischen Maschinen
— Die Teilanlage eines Wasserkraftwerkes
Zu- und Ableitung für Triebwasser der hydraulischen Maschinen von der oberen zur unteren Wasserhaltung.

Der vorliegende Fachbeitrag befaßt sich ausschließlich mit Triebwasserleitungen für PSW, da in der DDR nur in sehr beschränktem Umfang ausbauwürdiges Wasserkraftpotential für den Bau von Wasserkraftwerken vorhanden ist (z. B. im Zusammenhang mit dem Bau von Staustufen zur Kühlwasserversorgung von Kernkraftwerken). Bei TWL für PSW ist zu beachten, daß sie in beiden Richtungen (Turbinen- und Pumpenbetrieb) durchströmt werden und auf die spezifischen Belastungen zu bemessen sind.

Entsprechend dem Trend der energiewirtschaftlichen Entwicklung nach laufend höheren Aggregateinzelleistungen ergibt sich auch eine ständige Vergrößerung der TWL-Durchmesser. Größere Leitungsdurchmesser bringen bei gleicher Wassergeschwindigkeit infolge des Einflusses der Reynold'schen Zahl eine Wirkungsgradverbesserung.

Der Erhöhung des Leitungsdurchmessers sind jedoch bestimmte Schranken gesetzt. Eine fertigungstechnologische Schranke ist z. B. die Leistungsfähigkeit der im Stahlbaubetrieb verfügbaren Walze (Begrenzung der maximalen Wandstärke).

Ist ein Antransport fertiger Rohrschüsse vom Stahlbaubetrieb zur Baustelle per Eisenbahn geplant, so liegt der maximale Rohrdurchmesser in Abhängigkeit vom Lichtraumprofil der Reichsbahn bei etwa 3 400 mm. Dieser Durchmesser konnte beim Bau des PSW Wendefurt gerade noch eingehalten werden. Für größere Rohrdurchmesser kommt nur der Straßentransport oder die Endfertigung der Rohrschüsse auf der Baustelle in einem Rohrwerk in Betracht.

Einflüsse auf die Gestaltung von Triebwasserleitungen, die vom Gesamtvorhaben ausgehen

Die TWL eines PSW sind hinsichtlich ihrer optimalen Gestaltung sehr stark von der Grundsatzlösung des Gesamtvorhabens abhängig.

Für das Gesamtvorhaben gilt es, zunächst einen Standort zu finden, für den die energiewirtschaftlichen Zielstellungen bezüglich Ausbauleistung und Netzanschluß technisch-ökonomisch erfüllbar sind. Hierzu ist es notwendig, die Belange aller Teilvorhaben (Oberbecken, Unterbecken, Krafthaus, TWL einschließlich Baustelleneinrichtung) untereinander abzustimmen, um so für das PSW in seiner Gesamtheit eine technisch-ökonomisch günstige Lösung zu finden. Diese komplexen Untersuchungen wurden bisher vom Generalauftragnehmer (GAN) in Zusammenarbeit mit dem Investauftraggeber (IAG) durchgeführt und deren Ergebnis in einer Studie ausgewiesen. Ziel dieser Studienbearbeitung ist es, die grundsätzliche Realisierbarkeit der energiewirtschaftlichen Zielstellung nachzuweisen sowie untersuchungswürdige Varianten hinsichtlich der maschinentechnischen Auslegung des Werkes und bautechnischen Gestaltung gegenüberzustellen.

Zur Sicherung eines ausreichenden Vorbereitungsvorlaufes ist anzustreben, möglichst frühzeitig im Anfangsstadium des verbindlichen Angebotes Variantenfreiheit zu gewinnen, d. h. die maschinen- und elektrotechnische Auslegung (durch entsprechende Angebote untermauert) und die grundsätzlichen bautechnischen Lösungen der Teilvorhaben festzulegen.

Die Trassenführung einer TWL stellt daher fast ausschließlich einen Kompromiß zwischen den einzelnen Teilvorhaben des PSW, den vorhandenen ingenieurgeologischen, topographischen und sonstigen territorialen Bedingungen dar.

Bestimmende Einflußgrößen sind:
— Lage des Oberbeckens und des Unterbeckens sowie des Krafthauses
— Topographie und Bebauung des Hangbereiches, der für die TWL-Trasse diskutabel ist
— Ausbaugröße des Werkes und die Aggregateinzelleistungen (abhängig von Entwicklungsmöglichkeit des Oberbeckens und Unterbeckens, der Fallhöhe und der Forderung des Lieferanten der hydraulischen Maschinen nach Begrenzung einer maximalen Lamellenschwankung)
— Geologie und Hydrologie im Trassenbereich.

Zur Festlegung der TWL-Trasse

Nachdem Oberbecken und Unterbecken in ihrer Lage fixiert und in Verbindung mit der Auslegung der hydraulischen Maschinen die nutzbaren Speicherlamellen festgelegt sind, gilt es, die günstigste TWL-Trasse und deren zweckmäßigste konstruktiv-tech-

nische Lösung zu sichern. Allgemein gilt es, möglichst die kürzeste Verbindung zwischen Oberbecken, Krafthaus und Unterbecken, unter Vermeidung starker Krümmer zu finden.
Die Lagefestlegung des Krafthauses spielt dabei eine entscheidende Rolle. Zwingen z. B. die topographischen örtlichen Bedingungen und die erforderliche Zulaufhöhe der hydraulischen Maschinen zu einer Kavernenlösung, so ist damit von vornherein entschieden, daß zumindest ein Teil der TWL unter Tage verlegt werden muß.

Bauarten von TWL

Offen verlegte TWL (Hangrohrleitungen)

Diese konventionelle Verlegungsart ist auch gegenwärtig noch eine vielfach angewandte Bauweise. Die Stahlrohre werden auf einer Rohrtrasse verlegt, die sich weitgehend dem Geländeverlauf anpaßt.
Jeweils nach etwa 100 m bis 150 m erfolgt eine Verankerung der Rohre in Festpunkten und dazwischen aller etwa 15 m bis 24 m eine gleitende (Abstützung) Lagerung auf Rohrsätteln. Zur Abminderung der Längskräfte aus Temperaturdehnungen wird zwischen je zwei Festpunkten eine Dehnungsstopfbuchse eingebaut.
Erdverlegte TWL
Bei dieser Verlegungsart werden die Stahlrohre in einen Graben abgesetzt und mit Erdreich überdeckt. Neuere Bestrebungen gehen dahin, das Überdeckungserdreich zur Aufnahme des Innendrucks mit heranzuziehen /1/ /2/.
Die Erdüberschüttung führt zu geringeren Temperaturunterschieden und daher zu niedrigen Längskräften.
Da die Längsdehnungen durch die Haftreibung im Erdbereich verhindert werden, können bei dieser Lösung Dehnungsstopfbuchsen und auch Rohrsättel bei guter Bettung entfallen.
Festpunkte kommen nur an stärkeren Knickpunkten in Frage, an denen größere Krümmerstreckkräfte angreifen.
Bei größeren Rohrdurchmessern bzw. Verlegung mit größerer Überschüttungshöhe sind Versteifungsringe zweckmäßig /3/.
Unter Dämmen, z. B. im Dammbereich Oberbecken, kann auch eine Betonummantelung erforderlich werden.

TWL unter Tage

Als Druckschacht (gepanzert)
Diese Art der Verlegung ist die z. Z. gebräuchlichste Bauweise von TWL unter Tage. Bei standfestem Gebirge ist der Bauablauf klar vorausbestimmbar. Durch sattes Hinterbetonieren und anschließendes Injizieren der Kontaktfugen kann bei dieser Lösung eine weitgehende gebirgsmittragende Wirkung gewährleistet und die Panzerungswandstärke entsprechend reduziert werden. Besondere Beachtung ist hierbei dem Außenwasserdruck zu schenken, der im Entleerungsfall (bei Revisionen) von der Panzerung ohne Beulgefährdung aufgenommen werden muß.
Bei standfestem Gebirge sind gepanzerte Druckstollen außer Zweifel die sichersten Lösungen unter den gegenwärtig üblichen Bauweisen. Die Spannungs-Dehnungsreserven in der Panzerung im Zusammenhang mit dem Tragverhalten des Gebirges rechtfertigen diese Einschätzung.
In einem Fachartikel „Die Sicherheit von Druckschachtpanzerungen“ hat G. Seeber die bisherigen Erfahrungen im Druckschachtbau bei der TIWAG (Tiroler Wasserkraftwerke AG) dargelegt und eine neue Grenzbedingung für die Beurteilung der Sicherheit formuliert /6/.
Druckschacht mit Stahlbeton- bzw. Betonauskleidung
Nach bisherigen Anwendungsbeispielen (PSW Reisach-Rabenleithe BRD, WKW Kauertal Österreich, PSW Cruachau Schottland u. a.) kann eingeschätzt werden, daß diese Auskleidungsart bei standfestem Gebirge und ausreichender Überdeckungshöhe bei Innendrücken bis zu rund 20 kp/cm² auch für größere TWL-Durchmesser ($\geqq$ 4 000 mm) diskutabel sein kann. Problematisch ist die technische Dichtheit der Leitung (rissefreier bzw. rissearmer Beton). Hierzu ist insbesondere ein funktionssicheres Injektionssystem, aber auch eine gleichmäßige Betonqualität zu gewährleisten. Vor etwa 20 bis 25 Jahren wurde noch ausschließlich über Radialbohrungen (Reisach-Rabenleithe, Cruachau, Rama SFRJ) injiziert. Ein sehr progressives Verfahren wurde von *Seeber/Lauffer* entwickelt und erstmals beim Bau des Wasserkraftwerkes Kaunertal 1964/65 von der TIWAG angewandt /4/ /5/.
Die Injektionen (Spaltinjektionen) erfolgen hierbei über ein an der Gebirgskontur verlegtes perforiertes Schlauchsystem, das durch Spülen auch für spätere Nachinjektionen frei gehalten werden kann.

Im Stollen verlegte Rohrleitungen
Hierbei handelt es sich um eine Verlegungsart, die bei größeren Fallhöhen und kleineren Rohrdurchmessern in der Vergangenheit vorwiegend in den Alpenländern angewandt wurde. Die Gründe lagen in der sicheren Berechnung bei stark veränderlichen geologischen Bedingungen, in der Begehbarkeit und Wartung sowie im besseren Schutz gegen aggressive Bergwässer.
Für PSW ist diese Bauweise unter den in der DDR vorherrschenden topographischen und geologischen Bedingungen, insbesondere bei Realisierung größerer Rohrdurchmesser ($>$ 4 000 mm) Druckschachtpanzerungen technisch-ökonomisch unterlegen.
PSW Hohenwarte II
Dieses PSW mit 320 MW Ausbauleistung ging in den Jahren 1963/65 in Betrieb. Es ist mit 8 konventionellen Maschinensätzen à 40 MW Turbinenabgabeleistung ausgerüstet /7/. Die topographischen Bedingungen gestatten es, die TWL bei über 300 m mittlerer Bruttofallhöhe in einem Verhältnis von H:L $\approx$ 1:2 anzulegen.
Jeder Pumpspeichersatz ist gesondert an eine Rohrleitung angeschlossen, so daß eine Hangrohrleitung mit acht Rohren entstand. Aus wirtschaftlichen Gründen wurden an den Festpunkten die Rohrdurchmesser von 2 600 mm am Einlaufbauwerk auf 1 900 mm an der Verteilrohrleitung abgestuft.

Vom Festpunkt 2 bis zum gegenüberliegenden Talhangfuß waren für Rohrmontage und Beräumung vier Kabelkräne mit einer Tragfähigkeit von je 5 Mp aufgestellt. Die Stützentürme der Kabelkräne waren nach beiden Seiten um je 5 m ausschwenkbar, so daß die gesamte Rohrbahn bestrichen werden konnte. Infolge der starken Hangneigung (bis maximal 45°) war die Hangberäumung für die über 50 m breite Rohrbahn trotz der Hilfe des Kabelkranes sehr schwierig, da für Beräumen und Laden viel Handarbeit geleistet werden mußte.
Von den sechs Festpunkten der Rohrbahn wurden drei als offene Festpunkte (3, 4 und 5) und drei als Haubenfestpunkte ausgebildet. Die Gründe für die Wahl der drei Haubenfestpunkte waren unterschiedlich. Während der Festpunkt 1 mit dem Drosselklappenhaus verbunden ist, diente der Festpunkt 2 zugleich als Kabelkranfundament.
Der untere Festpunkt am Krafthaus liegt im Staubereich des Unterbeckens, von hier gehen die Verteilleitungen in einem Winkel von etwa 71,5° ab. Die Lösung als Haubenfestpunkt bietet der Rohrleitung Schutz vor mechanischen Angriffen (Eis und Treibgut).
Die Rohrsättel sind im Abstand von 20 Metern angeordnet und sind auf Pendelstützen beweglich gelagert. Unterhalb jedes Festpunktes ist eine Dehnungsstopfbuchse angeordnet. Die steilabfallende Rohrbahnsohle wurde mit bewehrten Betonplatten befestigt.
Zwischen Festpunkt 2 und 3 wurden in dem tektonisch aufgelockerten Hang Verfestigungsinjektionen vorgenommen und der Festpunkt 3 erhielt eine Tiefenverankerung.
Es ist notwendig, einen solchen Steilhang ständig auf eventuelle Bewegungen (Rutschungen) tektonischen Ursprungs zu überwachen.
PSW Wendefurt
In den Jahren 1961/67 wurde dieses kleinere PSW mit 80 MW Ausbauleistung errichtet. Das Krafthaus steht im Hochwasserschutzbecken Wendefurt und ist mit zwei konventionellen Pumpspeichersätzen zu je 40 MW Turbinenabgabeleistung ausgerüstet. Die TWL wurde auch bei diesem PSW als offen verlegte Hangrohrleitung gebaut. Bei etwa 120 m mittlerer Fallhöhe und etwa 350 m Rohrbahnlänge bestanden gute topographische und geologische Bedingungen für den Bau einer Hangrohrleitung. Der Rohrdurchmesser wurde durchgängig mit 3 400 mm gewählt, so daß ein Eisenbahntransport der vorgefertigten Rohrschüsse möglich war.
Die Hangberäumung für die Rohrbahn wurde mittels Schieberraupen nach vorangegangenen Lockerungssprengungen durchgeführt. In dem mittleren, ungefähr 100 m langen, 1:2 geneigten Hangbereich, wurden die Raupen mit einem Führungsseil von einem Bagger gehalten.
Die Rohrmontage erfolgte mit einem gleisgebundenen Schrägaufzug, der in der Rohrbahnachse (zwischen den beiden Rohrleitungen) angeordnet war. Nach beendeter Rohrmontage erfolgte Umrüstung auf einen Personen- bzw. Materialaufzug.
PSW Markersbach
Zur Wahl der TWL-Trasse
Die Entscheidung zur Kavernenbauweise, die insbesondere wegen der problemlosen Gewährleistung der erforderlichen Zulaufhöhe ($\geqq$ 42 m) für die hydraulischen Maschinen erfolgte, war bestimmend für die abschließenden Untersuchungen zur Festlegung der TWL-Trasse.
Der ausgewählte Trassenverlauf der zwei TWL mit 6 200 mm konstantem Innendurchmesser bis 30 m vor die Verteilrohrlei-

tung (hier Verjüngung auf 590 mm) ist das Ergebnis vielfältiger Untersuchungen. Es wurde angestrebt, mit möglichst geringen Investitionen einen guten TWL-Wirkungsgrad und eine hohe Betriebssicherheit zu erreichen. Über die Verteilrohrleitungen sind je TWL drei hydraulische Maschinen angeschlossen.

Langjährige Messungen in Pegelbohrungen ergaben die hydro-geologische Schlußfolgerung, daß der Bergwasserdruck im Maximum die jeweilige Überdeckungshöhe nicht überschreitet. Es galt demnach, eine Trasse für die hochdruckseitige TWL festzulegen, die der kürzesten Verbindung zwischen Oberbecken und Maschinenkaverne nahekommt, bei ausreichender Überdeckungshöhe eine weitgehende gebirgsmittragende Wirkung absichert und bei welcher der Bergwasserdruck nicht überwiegend für die Bemessung der Panzerungswandstärke bestimmend wird. Dabei wurde davon ausgegangen, daß die hochdruckseitigen TWL und die Verteilrohrleitungen durchgängig gepanzert werden.

Der Trassenverlauf mit ab Einlaufbauwerk 30° geneigten Schrägschächten und daran anschließenden acht Prozent geneigten Flachstrecken entspricht weitgehend der vorgeschriebenen Zielstellung.

Die beiden Unterwasserstollen verlaufen etwa zehn Prozent steigend von den ND-Verteilleitungen zum Unterbecken und erhielten bei 8 700 mm Innendurchmesser eine 600 mm starke Stahlbetonauskleidung. Die Begrenzung zum Unterbecken stellt das Auslaufbauwerk dar, das mit Dammbalkennotverschlüssen und Rechen ausgerüstet ist.

Für die Trassenfestlegung der Unterwasserstollen gab es wenig Zwangspunkte. Entscheidend war die Lagefestlegung der rund 150 m langen, 46 m hohen und 24 m breiten Maschinenkaverne nach ingenieurgeologischen Gesichtspunkten. Die Längsachse der Maschinenkaverne wurde senkrecht zur Streichrichtung der Störungen und Schieferungsflächen gewählt. /9/

Bemerkenswert ist, daß beim Anfahren des Mundloches des UW-Stollen West eine größere Störung angetroffen wurde, so daß das Auslaufbauwerk um etwa 10 m bergwärts gegenüber der ursprünglichen Konzeption verlegt werden mußte.

Auffahrtstechnologie der Schrägschächte

Es soll nicht verschwiegen werden, daß das Auffahren von Schrägschächten für den Bergbaubetrieb eine schwierige und auch nicht risikolose Aufgabe ist. Allein der Gewinn für das Gesamtvorhaben, Einsparung an Investitionen und Wirkungsgradverbesserungen, ist meist sehr lohnend und kann durch gründliche Voruntersuchungen nachgewiesen werden.

Nach Auswertung der Fachliteratur und Studium internationaler Erfahrungen entschied der Hauptauftragnehmer (HAN) Bergbau, auf Empfehlung des GAN für die Schrägschachtauffahrung die Raupentechnologie anzuwenden, die beim Bau des PSW Rönkhausen praktiziert wurde. /8/

Über das Für und Wider dieser Technologie und gewisse Sondermaßnahmen zu berichten, sei dem Ausführungsbetrieb vorbehalten. An dieser Stelle nur so viel:

Die gewählten 30° sind als Grenzneigung anzusehen. Steilere Neigungen können nur mit angeseilter Raupe bewältigt werden. Bei stärkeren Wassereinbrüchen (Wasserzuflüssen) und Durchörterungen von lettigen Störungszonen kann der ganze Sohlenbelag schlagartig abrutschen.

Aus der Sicht des Verfassers lassen sich zum Felsausbruch folgende Grundsätze ableiten:

– Der Felsausbruch ist gebirgsschonend und weitgehend profilgerecht durchzuführen. Jeder m^3 Felsausbruch mehr als technologisch unbedingt erforderlich, muß mit Beton ausgefüllt werden. Es ist daher zu empfehlen, auch für den Felsausbruch von TWL das Vorspaltverfahren anzuwenden.

– Die genaue Vorgabe des technologisch notwendigen Ausbruchsquerschnittes erfordert, daß das Schweißregime für die Montageschweißnähte rechtzeitig festliegt, wobei weitgehend Innenschweißung anzustreben ist.

Die Kosten, die durch vermeidbaren Mehrausbruch entstehen, können die Teilanlage TWL erheblich belasten.

– Wichtig ist noch eine gute markscheiderische Betreuung, die Gewährleistung fehlerfreier Vorgaben, insbesondere für das Einrichten der Bohrlafetten und Einhalten der gezielten Bohrspuren.

Bemessungsgrundlagen für die Panzerung

Folgende, über den TWL-Längsschnitt veränderliche Vorgaben sind vom Statiker zu berücksichtigen:

– der jeweilige maximale Innendruck (statischer Druck einschließlich Druckstoß)
– der Einfluß der Überdeckungshöhe und des Seitendruckbeiwertes
– die durchörterten Gebirgsgüteklassen, bzw. die für die Bemessung maßgebenden V-Moduli (es standen an Geb. Gkl. I, II und III mit V-Moduli von $0{,}2 \cdot 10^{-5}$ kp/cm² bis $2{,}7 \cdot 10^{-5}$ kp/cm² variabel)
– der örtlich maximal anstehende Außenwasserdruck
– die vorgesehenen Spaltinjektionen
– die erforderlichen Transportaussteifungen
– evtl. auftretende Formfehler, d.h. zulässige Abweichungen (Toleranzen) vom idealen Kreisquerschnitt.

Diese sieben Einflußgrößen galt es bei der Bemessung zu berücksichtigen und die Technologie des Transportes und Einbaues so vorzubereiten, daß eine betriebssichere TWL entsteht.

Als besonders beachtlich müssen dabei der Außenwasserdruck und die Spaltinjektionen angesehen werden. Diese äußere Belastung kann speziell beim Auftreten größerer Formfehler der Panzerung (als der Bemessung unterstellt), zu unerwünschtem Beulen der Panzerung führen. Hierüber sind zahlreiche Schadenfälle bekannt (KW Robiei, Göschenen).

Vor der Durchführung von Spaltinjektionen mit höheren Drücken ist daher eine ausreichende Überprüfung der Einhaltung der zugelassenen Toleranzen der Panzerung im Einbauzustand zu fordern.

Wichtig für den Statiker ist noch, welche Spaltweisen (resultierende Spaltweite zwischen Panzerung und Gebirge einschließlich Auflockerungszone an der Kontur des Gebirges) er in die Berechnung einführen muß.

Das vorgesehene Injektionsprogramm rechtfertigte für die Innendruckbemessung eine Spaltvorgabe von $u_0 = 3 \cdot 10^{-4} \cdot r$ und für die Ermittlung der Gebirgsbelastung von $u_0 = 1 \cdot 10^{-4} \cdot r$.

Der Bemessung lagen die Theorien von *Flügge, Feder* und *Ebner* zugrunde.

Nachdem ursprünglich einen Pratzenverankerung im Hinterfüllungsbeton erwogen war, entschloß sich der Ausführungsbetrieb für Versteifungsringe. Diese Versteifungsringe wurden für den Transport und Außendruck bemessen und sind in einem Längsabstand von etwa 1,40 m angeordnet. /3/

Die durchgeführte Bemessung führte zu Panzerungswandstärken von 16 bis 36 mm vom Einlaufbauwerk bis kurz vor Beginn der Verteilrohrleitung.

Vorfertigung und Einfahren der Panzerung

Um eine möglichst kurze Montagezeit zu erreichen, galt es, einen hohen Grad der Vorfertigung anzustreben und qualitativ hochwertigen Stahl einzusetzen. Als Panzerungsstähle wurden daher St 52-3 s und St 40/55 s verwendet.

Vom Stahlbaubetrieb wurden die Bleche auf volle Umfangslänge hergestellt, an beiden Enden auf Krümmungsradius angewalzt und mit vorbereiteter Schweißnahtabphasung an den Rändern zur Baustelle transportiert.

Das Fertigstellen der montagebereiten Rohrschüsse (Walzen, Schweißen) erfolgte im Rohwerk (Vorfertigungshalle) auf der Baustelle. Hier wurden auch die Versteifungsringe 250/22 und je Rohrschuß vier Rohrfüße zum Absetzen auf dem Transportgleis angeschweißt.

Im Rohrwerk übernahm ein Straßenroller (umgebaut mit Flugzeugfahrwerk der IL 18) die Rohrschüsse und transportierte diese ins Oberbecken zum Stollentransportwagen (Übergabe mit 50 Mp Mobilkran).

Die Begrenzung des maximalen Transportgewichtes folgte aus der eingesetzten Schwerlastzwillingswinde (UdSSR-Import). Mit dieser Winde war es möglich, Rohrschüsse bis zu einem Nettogewicht von 43,9 t über die Schrägschächte einzufahren. Aus diesem Transportgewicht folgten Rohrschußlängen von etwa 5 m bis 10 m. Das Einfahren der Rohrschüsse mit einem schienengebundenen Transportwagen mit hydraulischer Justiereinrichtung hat sich gut bewährt.

Hinterbetonieren der Panzerung

Für die Betonhinterfüllung der Panzerung galt es eine Technologie zu wählen, die ein gutes Ausfüllen des Hohlraumes zwischen Panzerung und Gebirge erreicht. In den acht Prozent geneigten Flachstrecken wurde die Panzerung gegen Aufschwimmen durch paarweise versetzte Stahlzementmörtelanker ⌀ 28 mm mit 2,2 m Ankerlänge gesichert. Die Verbindung mit dem Rohr erfolgte über die Versteifungsringe. Als Betongüte war B 160 gefordert, dessen Gewährleistung auch im Steilteil keine Schwierigkeiten bereitete.

Für das Hinterbetonieren der Panzerung in den 30° geneigten Schächten wurde von der Verkehrshochschule Dresden, *Prof. Dahl,* im Auftrag des HAN Bergbau, eine geeignete Betonrezeptur entwickelt, die es ermöglichte, den Beton in einer 30° geneigten Gußrinne ohne Entmischungsgefahr einzubringen. Diese Technologie hat sich sehr gut bewährt, und es konnte in den Schrägschächten infolge der Aufnahme bei Probeinjektionen

auf die Firstspaltvermörtelung verzichtet werden.

Injektionen

Wie bereits schon angedeutet, galt es, durch ein zuverlässiges Injektionssystem eine weitgehende gebirgsmittragende Wirkung abzusichern. Insbesondere dienen die Injektionen dem Ziel, die Bemessungsvorgaben für die Panzerung hinsichtlich der Spaltweite zu garantieren und für die TWL eine hohe Betriebssicherheit zu erreichen.

Das gewählte Injektionsverfahren bestand aus

– Firstspeltinjektionen (Vermörtelung des Firstspaltes) mit etwa 3–5 kp/cm² Injektionsdruck

– Spaltinjektion „Panzerung/Beton über ein an der Panzerung verlegtes Schlauchsystem.

Injektionsdruck in der Größe des Bemessungsaußenwasserdruckes

– Spaltinjektionen „Beton/Gebirge" über Radialbohrungen.

Injektionsdruck $\approx$ 1,25 Bemessungswasserdruck.

Wenn auch gegenwärtig noch eine spezielle Auswertung der Injektionen unter der Regie des HAN Bergbau erfolgt, so kann man schon jetzt sagen, daß sich das gewählte Injektionsverfahren prinzipiell bewährt hat.

Die bei der TWL-Erstfüllung durchgeführte meßtechnische Überwachung bestätigte, daß die Bemessungsvorgaben bezüglich Spaltweite und V-Moduli des Gebirges auf der sicheren Seite liegen. Auf eine Nachinjektion konnte verzichtet werden.

Ein Kriterium für den Effekt der gebirgsmittragender Wirkung ist die Wandstärkenerhöhung unmittelbar vor der Verteilrohrleitung von 36 auf 48 mm. In diesem Bereich wurde wegen der Nähe der Maschinenkaverne und der starken Gebirgsdurchörterung für Montagekavernen und Verteilrohrleitungen der Übergang zur selbsttragenden Bemessung festgelegt.

Meßtechnische Überwachung

Bei größeren Druckstollen, die auf gebirgsmittragende Wirkung bemessen sind, sollte auf alle Fälle eine meßtechnische Überwachung der Injektionsphase und der eventuellen Erstfüllung vorgesehen werden. Hierbei ist eine paarweise Anordnung von Dehnungsgebern (innen und außen) an der Panzerung zweckmäßig. Die Sohlenwasserdruckgeber sollten auswechselbar in ausreichender Anzahl an die Injektionsöffnungen der Panzerung angeschlossen werden, damit vor Revisionen bzw. vor Entleerung der TWL, eine fernmeßtechnische Überprüfung des Bergwasserdruckes möglich ist.

Korrosionsschutz

Auf Korrosionsschutz zu verzichten, ist nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand nicht vertretbar. Eine fachgerechte Ausführung mit ausreichender Güte und Gewährleistung zu sichern und rechtzeitig dafür die technologischen Voraussetzungen zu schaffen, ist eine vordringliche Aufgabe der Vorbereitung.

Über den Korrosionsschutz der TWL des PSW Markersbach, der gegenwärtig noch nicht abgeschlossen ist, sollte zu gegebener Zeit berichtet werden.

Neue Entwicklung — neue Technik

Einsatz von Tunnelbohrmaschinen

Gemäß Auswertung der internationalen Fachliteratur gewinnt der Einsatz von Tunnelbohrmaschinen im Druckstollenbau zunehmend an Bedeutung. Hierzu wird Entwicklungsarbeit im NSW-Bereich, aber auch im Einflußbereich der RGW-Länder geleistet. Besonders günstig stellt sich der Einsatz von Tunnelbohrmaschinen bei standfestem Gebirge und längeren relativ flachliegenden Schächten bzw. Stollen dar, wobei der Vorteil in der Profilhaltigkeit, im günstigen Verhältnis des Ausbruchsprofils zum nutzbaren (durchströmten) Profil liegt.

Das bedingt jedoch, daß die Montageschweißungen weitestgehend von innen ausgeführt werden.

Für sehr vorteilhaft kann sich der Einsatz von Tunnelbohrmaschinen bei Betonauskleidungen erweisen, die durch Injektionen hydraulisch vorgespannt werden sollen. Das kreisrunde Profil begünstigt die Erreichung eines Vorspanneffektes.

Es ist bekannt, daß auch in der UdSSR der Einsatz von Tunnelbohrmaschinen im Hartgestein zielstrebig verfolgt wird und es ist zu bewerten, daß sich diese neue Vortriebstechnik ökonomisch vorteilhaft entwickelt.

Vorgespannte Festpunktverankerungen

Beim Auftreten starker Neigungsunterschiede der Rohrbahn an den Festpunkten (Übergang von flacher Neigung zum Steilhang) entstehen große, nach außen gerichtete Krümmerstreckräfte. Für diese Festpunkte sollte daher untersucht werden, ob eine direkte Verankerung der Rohrleitung mit Vorspannankern im Gebirge gegenüber einem Gewichtsfestpunkt technisch-ökonomisch vorteilhaft ist.

Spannbetonrohrleitungen großer Durchmesser

Für Triebwasserleitungen mit begrenztem Innendruck ($\leq$ 20 kp/cm²) ist nach Ansicht des Verfassers eine Ausführung in Spannbeton (bevorzugt erdüberschüttet verlegt) durchaus untersuchungswürdig. Dabei ist an den Einsatz von auf der Baustelle hergestellten Rohrschüssen gedacht.

Die technologische Ausrüstung für Vorfertigung und Transport der sehr schweren Fertigteile wird mutmaßlich nur bei längeren TWL im flachen Hangbereich wirtschaftlich.

Problematisch ist hierbei das Dichten der Montagestöße und die generelle Gewährleistung ausreichender Dichtheit.

Zusammenfassung

Für Triebwasserleitungen von Pumpspeicherwerken gibt es keine Standard- bzw. Typenlösungen. Die technisch-ökonomischste Lösung kann nur durch eingehende Variantenuntersuchungen unter Berücksichtigung des Gesamtvorhabens (aller Teilobjekte) gefunden werden.

In der DDR sind Hangrohrleitungen in herkömmlicher Bauweise unter der Voraussetzung einigermaßen geeigneter topographischer und geologischer Bedingungen am wirtschaftlichsten.

In bezug auf Forderungen der Sicherheit sind Druckstollen bei standfestem Gebirge den übrigen Bauweisen überlegen. Die Wirtschaftlichkeit ihrer Ausführung ist stark davon abhängig, inwieweit es gelingt, das Auffahrprofil im Verhältnis zum Nutzquerschnitt (durchströmtes Lichtraumprofil) im ausgebauten Zustand relativ klein zu halten und das Gebirge zum Mittragen heranzuziehen. Besondere Beachtung ist bei Druckstollen dem Außenwasserdruck, der Sicherheit gegen Beulen zu schenken.

Für den Felsausbruch ist die Entwicklung von Tunnelbohrmaschinen kritisch zu verfolgen.

Durch hydraulische Vorspannung (System Seeber/Lauffer) können für gutes Gebirge mit ausreichender Überdeckung Betonauskleidungen für Druckstollen diskutabel werden und wirtschaftliche Vorteile bringen. Es bleibt unbestritten, daß mit einer solchen Lösung für den Betreiber ein erhöhtes technisches Risiko anders gelagert ist (geringere Beulgefahr, jedoch Probleme betreffend der ausreichenden Dichtheit und Abriebsfestigkeit).

Erdüberschüttete TWL als Stahlrohrleitungen mit etwa 6 m Durchmesser verlegt, erwiesen sich in den bisher untersuchten Fällen (für die PSW Markersbach und Goldisthal) ökonomisch ungünstig.

Ausgeführte erdüberschüttete TWL (z. B. PSW Ludington/USA) jedoch beweisen, daß unter für diese Bauweise günstigen Voraussetzungen (bis in größere Tiefe anstehender Kies oder Sand) wirtschaftliche Vorteile zu erzielen sind.

Nach Auffassung des Verfassers sollte die beschriebene Spannbetonbauweise besonders im Zusammenhang mit einer Erdverlegung bei künftigen PSW eingehend untersucht werden.

Literatur

/1/ *W. Pefferkorn:* Die Knickstabilität eingeerdeter Rohre und die Berechnung ihrer Wanddicke. WWT **19** (1969) 7/8

/2/ *G. Drescher:* Praktische Berechnung erdbedeckter dünnwandiger Rohre. WWT **15** (1965) 5/8

/3/ *G. Feder:* Zur Stabilität ringversteifter Rohre unter Außendruck.

/4/ *H. Lauffer:* Vorspanninfektionen für Druckstollen. Der Bauingenieur (1968) 7

/5/ *G. Seeber:* Neue Entwicklungen für Druckstollen und Druckschächte. ÜZE **18** (1975) 5

/6/ *G. Seeber:* Die Sicherheit von Druckschaftpanzerungen. ÜZE **18** (1975) 3

/7/ *G. Gerstenberger:* Das Pumpspeicherwerk Hohenwarte II. WWT **11** (1961) 7, S. 317—325

/8/ *B, v. Gersdorf und Lottes:* Das Pumpspeicherwerk Rönkhausen. Elektrizitätswirtschaft **66** (1967) 24

/9/ *W. Grimm, F. Heinrich, H. Pforr, G. P. Rosetz:* Die Bearbeitung geotechnischer Aufgaben für das Kavernenkraftwerk Markersbach

/10/ *Badelt:* PSW Markersbach (im Bau). Broschüre des VEB Pumpspeicherwerkes Hohenwarte

Anwendung des Belebtschlammverfahrens zur gemeinsamen Reinigung von unterschiedlichen Industrie- und Kommunalabwässern

Dr. rer. nat. P. SCHLICHTING, Dipl.-Ing. H.-W. DITRICH, Dipl.-Chem. K.-H. SCHMOOK und Chem.-Ing. R. BLITZKE, KDT, Schwerin

In Wittenberge verursachen derzeit allein die mechanisch behandelten Abwässer der Zellstoff- und Zellwollewerke (ZZW) 75 Prozent und die der Märkischen Ölwerke (MÖW) 15 Prozent der organischen Belastung, die von der Elbe zusätzlich aufzunehmen ist. Die Kommunalabwässer fließen über eine Anlage des VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung (WAB) mechanisch gereinigt der Elbe zu.

Zur Senkung der Abwasserlast des Vorfluters hatten bereits 1972/73 die ZZW auf Grund eines wasserwirtschaftlichen Vorbescheides der zuständigen WWD erhebliche Mittel zur biologischen Reinigung ihrer Abwässer in einer Pilotanlage aufgewandt. Dabei wurden nur die betriebsspezifischen Abwasserprobleme bearbeitet, ohne das Gesamtproblem der Abwasserreinigung der Stadt zu berücksichtigen. Im Ergebnis der positiven Versuche erteilte die WWD anschließend den bereits genannten Betrieben die Auflage zur Untersuchung einer gemeinsamen Behandlung aller Abwässer, um die Investitionen konzentriert und mit hohem gesellschaftlichem Nutzen einzusetzen. Zu diesem Zweck wurden Labor- und später halbtechnische Versuche durchgeführt.

Abwassermengen und deren Zusammensetzung

Die Mengen und Konzentrationen der einzelnen Abwasserarten sind in Tafel 1 aufgeführt.

Die im ZZW Wittenberge anfallenden Abwässer sind ihrer Zusammensetzung nach heterogen. Die wesentlichsten Abwässer bezüglich organischer Belastung und anfallender Menge sind

- Sulfatzellstoffabwässer (saure und alkalische Waschwässer) aus Sortierung, Bleiche und Laugenregenerierung mit den Hauptbestandteilen Zellulose und Lignin
- Viskosefaserabwässer aus Dialysestation, Filtertuchwäsche, Spinnerei und Spinnbadaufbereitung, wobei Zellulosexanthogenat, Zink und Schwefel-Kohlenstoff die hauptsächlichsten Verunreinigungen darstellen
- Abwässer aus der Zellglas- und Schwefelkohlenstoffherstellung mit nennenswertem Schwefeldioxidgehalt.

Tafel 1 Abwassermengen und BSB_5-Konzentration der unbehandelten Abwässer (Zahlen sind Durchschnittswerte und berücksichtigen die unbelasteten Kühlwässer nicht)

Betrieb	Menge m³/d		Konzentration mg BSB_5/l		Belastung t BSB_5/d	
	1974	1990	1974	1990	1974	1990
ZZW	70 000	130 000	260	300	18,2	39,0
MÖW	12 000	16 000	320	320	3,8	5,1
WAB	7 000	11 000	370	370	2,6	4,1

Bei der Speiseölherstellung in den MÖW sind die Abwässer der Raffinerie schwach alkalisch und fetthaltig; die Abwässer der Spaltanlage sind stark sauer und enthalten beträchtliche Mengen Fettsäuren.

Mögliche Behandlung der unterschiedlichen Abwässer

ZZW-Abwässer

Die ZZW hatten zur Beurteilung der biologischen Reinigung ihrer Abwässer eine Pilotanlage auf dem Werkgelände errichtet (Bild 1). Das mechanisch vorbehandelte Abwassergemisch aus den vier Betriebsteilen wurde der Versuchsanlage kontinuierlich zugeführt und gleichzeitig mit Natronlauge oder Schwefelsäure auf einen *p*H-Wert von 6 bis 10 eingestellt. Die Belüftung erfolgte mit mittelblasiger Druckluft. Eine volle Nährsalzdosierung war notwendig, da sowohl Stickstoff als auch Phosphor nur in sehr geringen Mengen vorhanden waren. Sie wurden dem Abwasser im Verhältnis $BSB_5:N:P = 100:5:1$ zugegeben. Aus der Nachklärung wurde soviel Schlamm zurückgeführt, daß im Belüftungsbecken ein Schlammvolumen von 175 bis 200 ml/l mit einem Trockengewicht von 2 bis 2,5 g/l vorhanden war. Erhebliche Schwierigkeiten traten beim Einfahren der Anlage auf, da sich nur sehr langsam adaptierter Belebtschlamm bildete. Außerdem war durch Blähschlamm und Schaumbildung häufig kein störungsfreier Ablauf aus der Nachklärung zu erreichen. Bei vierstündiger Belüftung konnte der BSB_5 um 75 Prozent vermindert werden, so daß der Rest-BSB_5 um 60 mg/l schwankte. Die Ergebnisse werden von *Nowacki* bestätigt, der ebenfalls schon bei BSB_5-Werten über 160 mg/l größere Schaumbildung bei Sulfatzelluloseabwässern feststellte. /1/

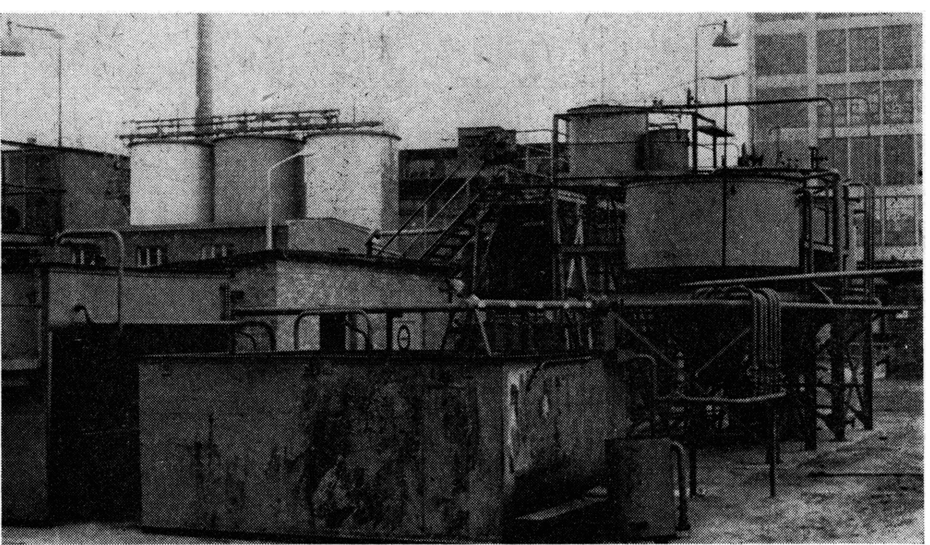


Bild 1 Pilotanlage

MÖW-Abwässer

Die Erweiterung der Abwasseranlagen in den MÖW sah eine Abtrennung der Fette auf 10 mg/l und der abfiltrierbaren Stoffe auf 30 mg/l vor. Eine biologische Abwasserreinigung war nicht vorgesehen.

Kehr u. a. /2/ beschreiben ein Verfahren zur biologischen Reinigung von Abwässern aus der Margarineindustrie, so daß grundsätzlich auf diese Weise die MÖW-Abwässer behandelbar erschienen.

Die gemeinsame Behandlung aller Industrie- und Kommunalabwässer nach dem Belebtschlammverfahren ließ demzufolge einen ausreichenden BSB_5-Abbau erwarten.

Gemeinsame Reinigung der Abwässer

Die Ergebnisse der Pilotanlagenversuche der ZZW und die Möglichkeit, Abwässer der Margarineindustrie biologisch zu reinigen,

Tafel 2 Ergebnisse der Laborversuche

		Konzentration					
		Zulauf			Ablauf		
BSB_5	(mg/l)	140	bis 200		55	bis 70	
CSV_{Mn}	(mg/l)	130	bis 170		90	bis 100	
O_2	(mg/l)	u. 1			3	bis 6	
pH-Wert	(—)	6	bis 8		6	bis 8	
NO_2^-	(mg/l)	0	bis 0,2		0	bis 0,2	
NO_3^-	(mg/l)	7	bis 15		1	bis 7	
NH_4^+	(mg/l)	5	bis 12		2	bis 7	
$0\text{-}PO_4^{---}$	(mg/l)	1,5	bis 3,0		0,8	bis 1,3	

waren die Grundlage für die Auflage der WWD zur Weiterführung der Versuche zur gemeinsamen Behandlung aller drei Abwasserarten. Als Grenzwert waren von der WWD 50 mg BSB_5/l im Ablauf festgelegt. Zunächst wurden umfangreiche Vorversuche im Labormaßstab durchgeführt. /3/

Augenscheinlich ist die Abwassermenge der ZZW erheblich größer als die der anderen Betriebe. Es ergibt sich ein Verhältnis von ZZW:MÖW:WAB = 10:1,7:1. Die BSB_5-Konzentrationen der mechanisch vorbehandelten Abwässer sind etwa gleich.

Laborversuche

Im Labor wurde ein Abwassergemisch aus den Originalabwässern der Betriebe eingestellt, das dem bereits genannten Mengenverhältnis entsprach. Die Abwässer waren mechanisch vorgereinigt. Die Qualität des Wassergemisches ist aus Tafel 2 ersichtlich.

Die Abwässer wurden aus dem Vorratsbehälter dem Belüftungsbecken zugeführt. Die Rückführung des Belebtschlammes aus der Nachklärung in das Belüftungsbecken erfolgte diskontinuierlich, so daß ein Schlammvolumen von 250 ml/l mit einem Trockengewicht von 2 bis 3 g/l vorhanden war. Die Aufenthaltszeiten im Belüftungsbecken und in der Nachklärung betrugen 4 und 2,4 h. Ein Aquarienbelüfter sorgte mit seiner feinblasigen Belüftung für ein positives Sauerstoffpotential.

Hauptaufgabe der Versuche war die Bestimmung folgender Parameter:

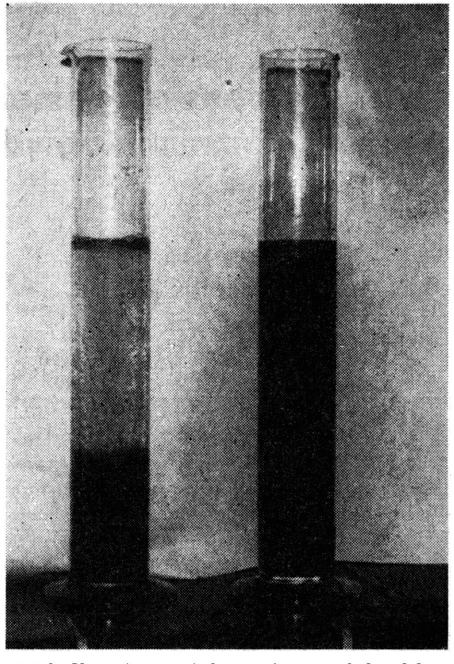


Bild 2 Vergleich zwischen einer unbehandelten und einer mit Kalkmilch versetzten Probe

- Abnahme des BSB_5
- Abnahme des CSV
- Nährstoffbedarf
- Schlammvolumen und Schlammindex
- Auswirkung der chemischen Fällung mit Kalkmilch auf den BSB_5- und CSV-Abbau

Während der Untersuchungen wurden folgende Daten bestimmt:

1. Im Zulauf des Belüftungsbeckens
   BSB_5, CSV_{Mn}, Nitrit, Nitrat, Ammonium, Phosphat, abfiltrierbare Stoffe
2. Im Belüftungsbecken
   pH-Wert, Schlammvolumen, Schlammindex
3. Im Ablauf der Nachkläreinrichtung
   BSB_5, CSV_{Mn}, Nitrit, Nitrat, Ammonium, Phosphat, Sauerstoff

Die BSB_5-Bestimmungen erfolgten mit adaptierten Organismen. Um eine längere Einarbeitungszeit zu vermeiden, wurde bei Versuchsbeginn das Beckenwasser mit adaptiertem Belebtschlamm beimpft. Anfangs erfolgte eine Zugabe von 1 mg/l Phosphat in Form von Phosphorsäure, die innerhalb von acht Tagen auf Null reduziert wurde. Eine Stickstoffzugabe war von Anfang an nicht notwendig. Trotzdem lagen die Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen im Ablauf bei 1 bzw. 4 mg/l. Daraus ergibt sich, daß der Nährsalzbedarf der Biomasse durch das häusliche Abwasser abgedeckt werden kann, obwohl dessen Anteil am Abwassergemisch nur 8 Prozent beträgt.

Der BSB_5 wurde um durchschnittlich 60 Prozent und der CSV_{Mn} um 40 Prozent vermindert. Nach vier Tagen Einarbeitungszeit schwankte der BSB_5 zwischen 55 und 70 mg/l. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist aus Tafel 2 zu ersehen.

Während des Versuches waren folgende Belastungskennziffern vorhanden:

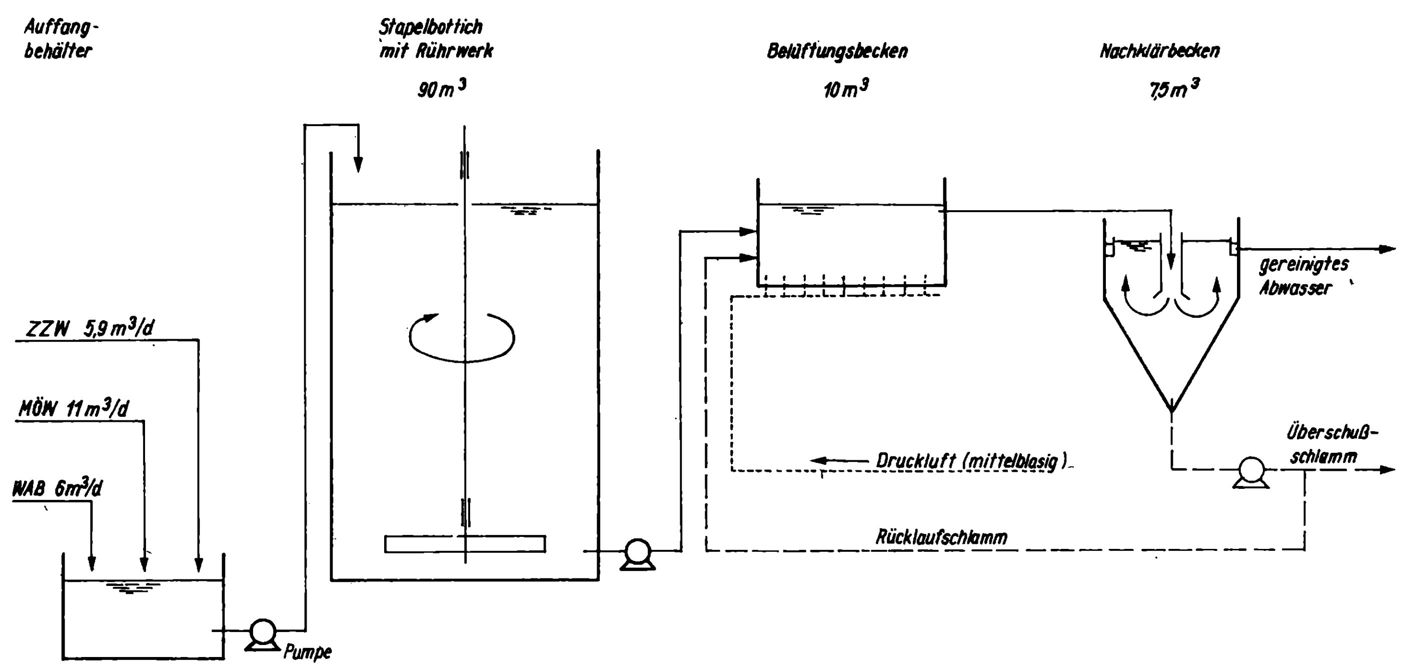
- Raumbelastung 1,0 bis 1,3 kg $BSB_5/m^3 \cdot d$
- Schlammbelastung 0,5 bis 0,7 kg BSB_5/kg TS · d
- Raumbeschickung 6 $m^3/m^3 \cdot d$

In einem zusätzlichen Versuch wurde durch Fällung mit Kalkmilch ein Großteil der Zellulose ausgefällt. Durch kürzere Belüftungszeit sollte der zusätzliche Aufwand wieder eingespart werden. Die Fällung ergab eine gute Abtrennung der kolloidal gelösten Stoffe. Das ist in Bild 2 deutlich zu erkennen. Die Färbung konnte stark reduziert werden, obwohl eine BSB_5-Abnahme nur wenig erkennbar war. Deshalb wurde die chemisch-biologische Stufenreinigung nicht weiter verfolgt.

Halbtechnische Versuche

Zur Bestätigung der Ergebnisse erfolgte eine Weiterführung der Versuche im halbtechnischen Maßstab. Dazu wurde die Pilotanlage in den ZZW durch einen Auffangbehälter und Stapelbottich mit Rührwerk ergänzt (Bild 3). Die Abwässer der Betriebe wurden diskontinuierlich dem Stapelbottich zuge-

Bild 3 Schematische Darstellung der Pilotanlage



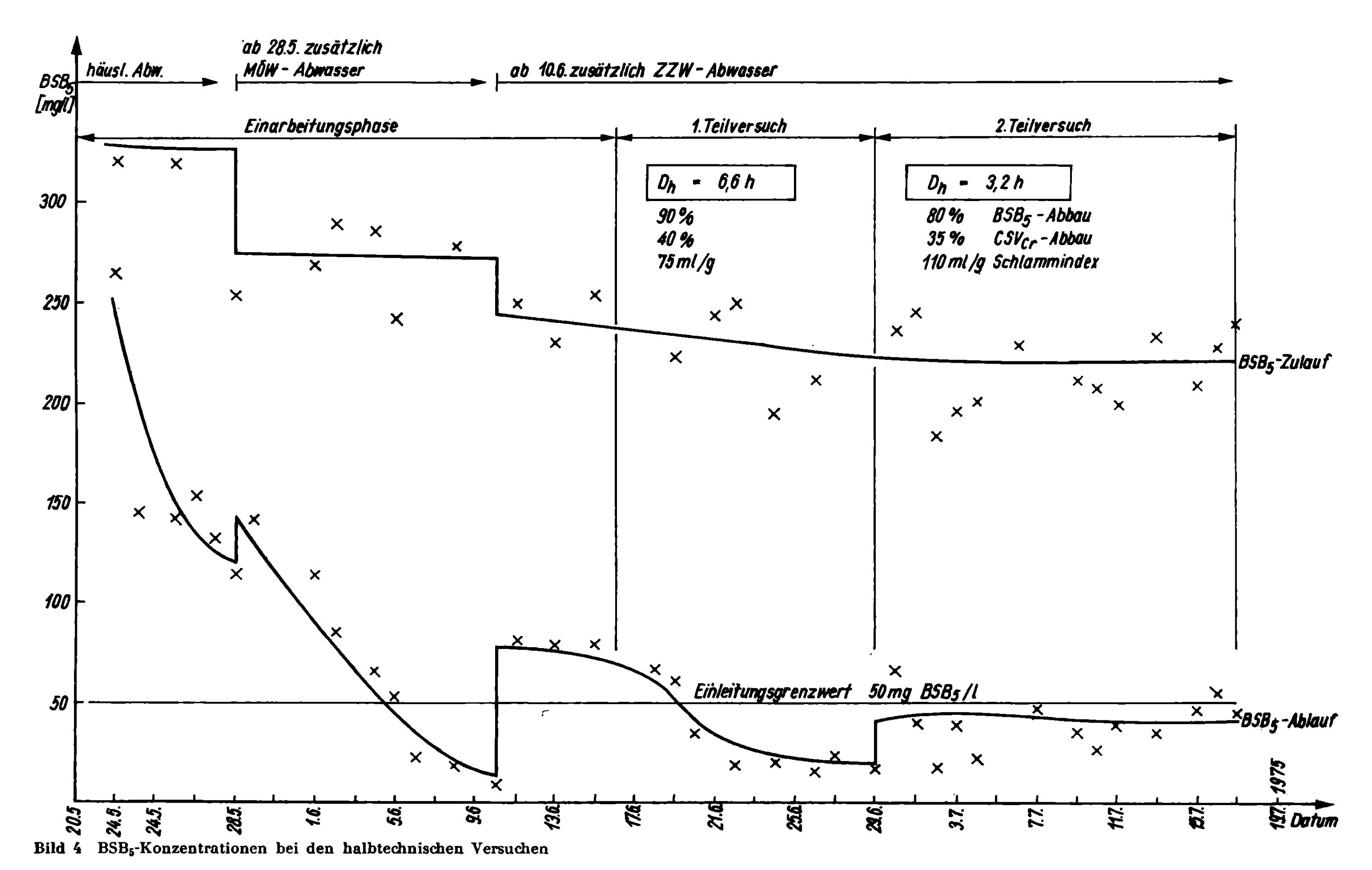


Bild 4 BSB_5-Konzentrationen bei den halbtechnischen Versuchen

Tafel 3 Ergebnisse der halbtechnischen Versuche

Bezeichnung			Belüftungszeit	
			D_h = 6,6 h	D_h = 3,2 h
Zulauf-konzentration	BSB_5	mg/l	230	220
Ablauf-konzentration	BSB_5	mg/l	20	40
Zulauf-konzentration	CSV_{Cr}	mg/l	380	470
Ablauf-konzentration	CSV_{Cr}	mg/l	230	300
Beschickung	Q	m³/d	36	76
Raum-beschickung	Q_R	m³/m³d	3,6	7,6
Wirkungs-grad (BSB_5)	η_b	Prozent	90	80
Raumbelastung	B_R	kg/m³d	0,83	1,67
Schlamm-volumen	SV_R	ml/l	170	210
Schlamm-trocken-substanz	ST_R	g/l	2,3	1,9
Rücklauf-schlammenge	SR	m³/d	17,4	19,0
Rücklauf-schlammanteil	SRA	Prozent	48	25
Schlammanfall	SÜ	m³/d	0,25	0,92
	SÜ	kg/d	3,0	7,7
Schlammindex	SI	ml/g	75	110
Schlammalter	SA	d	7,7	2,5
Schlamm-belastung	SB	kg/kgd	0,36	0,88
Schlamm-produktion	SP	kg/kg	0,57	0,57
Sauerstoff-konzentration	O	mg/l	~2	~0,5
Sauerstoff-eintrag	OE_R	kg/m³d	82	82
Sauerstoff-aufwand	OA	kg/kg	99	49
Oxydationswert	OW	kg/kg	156	61
Sauerstoff-ausnutzung	η_O	Prozent	0,6	1,6
Zulauf-pH-Wert		—	6 bis 10	6 bis 10
Verhältnis BSB_5:N:P		—	100:5:2	100:5:0,3

führt und nach Vermischung von dort kontinuierlich der Belebungsanlage zugeleitet. Die Abwässer waren bis auf die der MÜW nicht mechanisch vorgereinigt. Der Reinigungsgrad während der Einarbeitungsphase sowie der beiden Teilversuche mit Aufenthaltszeiten von 6,6 und 3,2 h ist in Bild 4 dargestellt. Zur Verkürzung der Einarbeitungszeit wurden 2,8 m³ Belebtschlamm aus einer mit häuslichem Abwasser beschickten Anlage antransportiert. Zur Nährsalzversorgung im 1. Teilversuch war nur eine Phosphorzugabe in geringen Mengen zur Aufrechterhaltung von 1 mg/l Phosphat im Ablauf vorgesehen, während im 2. Teilversuch keinerlei Nährsalzzugabe erfolgte. Der Schlammindex lag bei kontinuierlicher Schlammrückführung zwischen 65 und 160 ml/g. Die Schlammproduktion erreichte mit 0,57 kg/kg einen Wert, wie er für häusliches Abwasser charakteristisch ist. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß größtenteils mechanisch ungeklärtes Abwasser zum Einsatz kam. Es ergab sich ein durchschnittlicher Reinigungsgrad von 90 Prozent bei 6,6 h und 80 Prozent bei 3,2 h Aufenthaltszeit. Der *p*H-Wert schwankte zwischen 6,5 und 8 im Ablauf. Damit war eine Bestätigung der Laborversuche gegeben. In Tafel 3 sind die untersuchten Werte und Ergebnisse zusammengefaßt. Das Problem des Schlammes wurde nicht bearbeitet. Derzeit und für die nächsten 20 Jahre verfügen jedoch die ZZW über genügend Flächen zur Deponie des Schlammes und anderer Abprodukte.

Folgerungen

Deutlich ist der Vorteil bei der gemeinsamen Reinigung zu erkennen. Der geforderte Grenzwert von 50 mg BSB_5/l kann bereits bei einer Belüftungszeit von drei Stunden unterschritten werden. Die Behandlung der ZZW-Abwässer allein erfordert Aufenthaltszeiten über 4 h, wobei der Reinigungsgrad sehr stark schwankt. Besonders bei Havarien würde sich die lange Einfahrzeit sehr nachteilig auswirken.

Ökonomische Betrachtungen

Nicht nur die technologischen Vorteile der gemeinsamen Reinigung sind deutlich, auch ein Vergleich der Ökonomie der möglichen Varianten spricht für die gemeinsame Behandlung. Zwar ist der Investitionsaufwand für beide Varianten gleich, die Selbstkosten liegen aber bei gemeinsamer Behandlung um mehr als 30 Prozent niedriger. Ferner würden mindestens zehn Arbeitskräfte weniger benötigt. Weiterhin können durch die Zusammenführung der Abwässer beträchtliche Mengen Phosphor- und Stickstoffsalze eingespart werden. Allein die Kosten für Nährsalze würden sich bei der Behandlung der ZZW-Abwässer auf 0,5 Mio Mark/Jahr belaufen.

Die hier gewonnenen Erkenntnisse stehen im Einklang mit der Forderung der Organe der Wasserwirtschaft, zusammen mit der Industrie gemeinsame Großkläranlagen zu bauen, um mit möglichst geringen Mitteln einen für die Volkswirtschaft großen Nutzen zu erreichen.

Literatur

/1/ *Nowacki, J.:* Anwendung des Belebtschlammverfahrens zur Reinigung der Abwässer der Sulfatzelluloseindustrie. Fortschritte der Wasserchemie, (1968) 10, S. 147—153.

/2/ *Kehr, D., Rüffer, H.,* und *Möhle, K.-A.:* Vier Jahrzehnte biologische Reinigung industrieller und häuslicher Abwässer, Gesundheitsingenieur, (1967) 1, S. 14—18.

/3/ *Ditrich, H.-W.:* Biologische Behandlung der industriellen und kommunalen Abwässer der Stadt Wittenberge. Diplomarbeit, TU Dresden, Sektion Wasserwesen, 1974 (unveröffentlicht).

Anwendung industrieller Baumethoden bei der Erweiterung der Kläranlage Zerbst

Dipl.-Ing. Hermann WOLTER, KDT, und Dipl.-Ing. Steffen PETZOLD, KDT
Beitrag aus dem VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Magdeburg

Bedingt durch den komplexen Wohnungsbau in der Kreisstadt Zerbst und die fortschreitende Modernisierung der vorhandenen Altbausubstanz war die Erweiterung der Kläranlage Zerbst eine unbedingte Notwendigkeit geworden.

Die alte Kläranlage aus dem Jahr 1910 bestand aus einem Rechenbauwerk, in dem ein 3 m unter Gelände liegender handberäumter Stabrechen angeordnet war, wobei der Rechenguttransport in vertikaler Ebene mit einem Flaschenzug und oberhalb des Geländes mit der Schubkarre erfolgte.

Zwei Emscherbrunnen gewährleisteten nur einen Reinigungseffekt von etwa 10 Prozent. Aus diesem Sammelbrunnen wurde über eine bereits rekonstruierte Abwasserdruckleitung das Abwasser mit Kreiselpumpen zum Abwasserverwertungsgebiet gefördert.

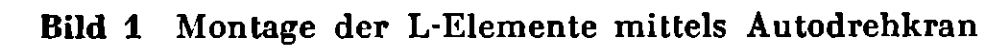
Die Zielstellung in der Vorbereitung dieser Investition bestand in der Erzielung einer wesentlich kürzeren Bauzeit als bisher beim Bau von Kläranlagen im Bezirk Magdeburg zu verzeichnen war. Damit sollte gleichzeitig die schnelle Überleitung von wissenschaftlich-technischen Erkenntnissen sowohl auf dem Gebiet der Abwasserbehandlung als auch in bautechnischer Sicht ermöglicht werden.

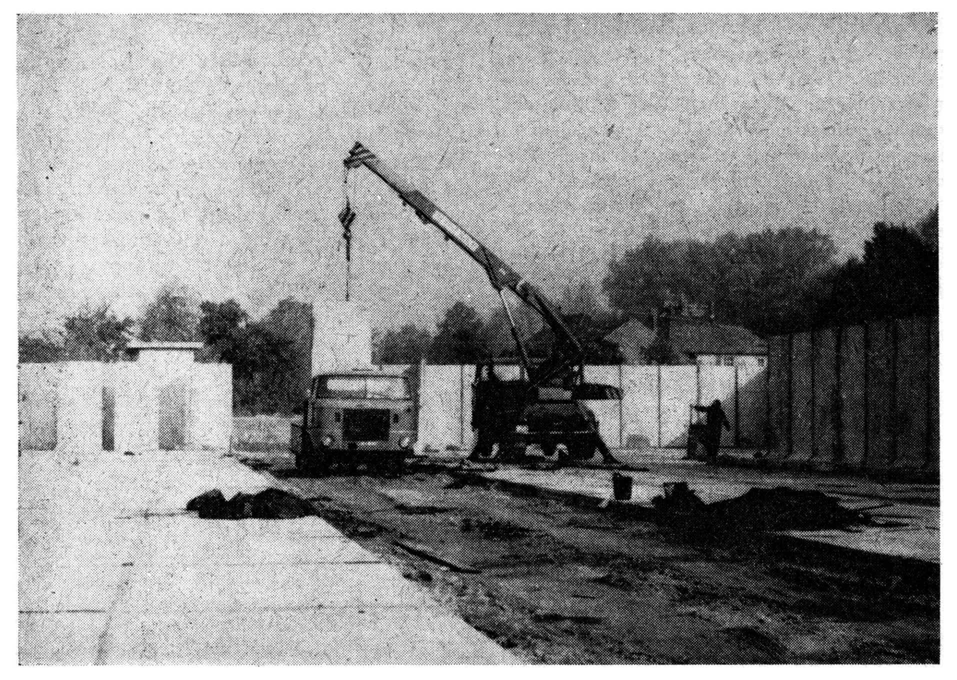
Grundlage zur Erarbeitung der technischen Dokumentation war ein Neuerervorschlag aus dem Jahr 1973 im VEB WAB Magdeburg, in dem die Idee der Anwendung einer einheitlichen Bautechnologie in Montagebauweise aus Fertigteilen für Kläranlagen von 10 000 bis 30 000 EGW dargelegt wurde.

Das Grundprinzip besteht in einheitlichen rechteckigen Beckenkörpern aus Stahlbetonfertigteilen mit durchgehender ebener Beckensohle ohne Schlammtrichter.

Die technologische Ausrüstung dieser Beckeneinheiten, jeweils ein Belebungs- und Nachklärbecken, bilden eine selbständige Einheit, stellte an die Vorbereitung und Durchführung dieser Investmaßnahme besonders hohe Anforderungen, da die erforderlichen Brücken für Belüftungskreisel in Stahlbauweise und eine Saugräumeinrichtung für trichterlose Absetzbecken zum damaligen Zeitpunkt nicht von Ausrüstungsbetrieben der Wasserwirtschaft hergestellt und geliefert wurden. Die Projektierung dieser Ausrüstungen und sämtlicher Bauwerke bzw. Anpassungen auf der KA Zerbst erfolgten ausschließlich durch Mitarbeiter des VEB WAB Magdeburg in den Jahren 1975 bis 1977.

Grundlegende Probleme, wie die Herstellung von Stahlbetonfertigteilen (T- und L-Elemente) mit Rohrdurchführungen und Kontaktplatten zur Montage von Ausrüstungen wurden in enger Zusammenarbeit mit den territorialen Organen gelöst. Die Produktion der Fertigteile mit einer Betongüte B 300 und einer Betonüberdeckung von 30 mm wurde von den Harzer Baustoffwerken Wernigerode, BT Betonwerk Emersleben, abgesichert. Die schon erwähnten technologischen Ausrüstungen wurden ebenfalls von Betrieben des Bezirkes Magdeburg zusätzlich zu ihrer Produktion hergestellt, wobei zum Ausdruck gebracht werden muß, daß der Saugräumer von der Entwicklung bis zur Fertigstellung ausschließlich im VEB WAB Magdeburg entstand.


Bild 1 Montage der L-Elemente mittels Autodrehkran



Zur Grundsteinlegung am 25. Juni 1976 bzw. bis Ende 1977 lagen folgende technologischen und bautechnischen Projekte zur Realisierung vor:

- Umbau eines vorhandenen Emscher-Brunnens zum Pumpenschacht für KRDGA-Pumpen mit dazugehörigen Rohrleitungen
- Betongerinne mit Bogenrechen BR n 900 mit Umleercontainer, Kranbahn und Containerstellfläche
- Langsandfang nach Typenprojekt „Prowa“ mit hydromechanischer Räumung und Sandstapelbecken
- Verteilerbauwerk und dazugehörige Rohrleitungen
- zwei Beckeneinheiten mit je einem Belebungs- und einem Nachklärbecken in Vollmontagebauweise mit Kreiselbelüftung (je Belebungsbecken 7 St. BK 1200) und Saugräumer in der Nachklärung
- Pumpwerk ohne Hochbauteil für Überschußschlamm aerob stabilisiert und gereinigtes Abwasser zur landwirtschaftlichen Abwasserverwertung
- Schlammentwässerungsbecken nach Wapro 2.20 im landwirtschaftlichen Verwertungsgebiet
- MSR-Projekt mit sauerstoffabhängiger Steuerung der Belüftungskreisel.

Die gesamte Anlage wurde für eine Abwassermenge von 535 m^3/h ausgelegt und als schwachbelastete biologische Kläranlage mit aerober Schlammstabilisierung ohne Vorklärung bemessen.

Die Erweiterung der Anlage unter Berücksichtigung des laufenden Betriebes sowie die Durchsetzung der neuen Erkenntnisse in der Bautechnologie erforderten sowohl bei dem Betreiber als auch bei den am Bau beteiligten Betrieben detaillierte Abstimmungen.

Nach Realisierung der bauvorbereitenden Maßnahmen wurde mit der Montage der beiden Beckeneinheiten begonnen. Als Hauptauftragnehmer Bau konnte der VEB Straßen- und Tiefbaukombinat Magdeburg gebunden werden, von dem auch die Montage der Becken ausgeführt wurde. Diese Montagearbeiten wurden innerhalb von acht Wochen abgeschlossen. Für den bauausführenden Betrieb wurden diese Ausführungsarbeiten zum ersten Mal realisiert, so daß neben der Fertigteilherstellung die Ausstattung für diese spezielle Montagetechnologie nicht voll den Anforderungen entsprachen. So führte das Fehlen von Rüttel- und Verdichtungsgeräten für den Fugenbeton zwischen den Betonfertigteilen zu Problemen der Nachbesserungen.

Der Vorteil der Montagetechnologie zur Verkürzung der Bauzeit hätte auch bei dieser Anlage weit mehr zum Tragen kommen können, wenn die vom Hauptauftragnehmer aufgebaute Kooperationskette lückenloser geschlossen worden wäre. Das führte dazu, daß die sehr kurze Montagezeit für die Beckeneinheiten keine Fortsetzung in den monolithischen Betonarbeiten, Rohrverlege- und Tiefbauarbeiten fand. Hierbei konnten die wesentlichen Vorteile der Fertigteilbauweise für den Gesamtkomplex — Steigerung der Arbeitsproduktivität und Verkürzung der Bauzeit — nicht umfassend und durchgehend ausgeschöpft werden.

Der in jüngster Zeit mit Nachdruck anstehenden Forderung nach Minimierung der Baustelleneinrichtung konnte schon beim Bau der KA Zerbst entsprochen werden. Bedingt durch die relativ geringen Mengen an Frischbeton, konnte auf eine Mischanlage verzichtet werden. Die notwendigen Betonmengen wurden aus einer zentralen Mischanlage im Territorium zur Verfügung gestellt.

Die Möglichkeiten der Bauzeitverkürzung, wenn auch nicht in vollem Umfang ausgenutzt, führten zu einer Bauzeit von 3 Jahren (bisher für diese Größenordnung üblich 6 bis 8 Jahre) und zu einem Investitionsaufwand von 4,1 Mill. Mark, was unter den Kennziffern nach Weisung 3/76 des MfUW für eine Kläranlage dieser Kapazität liegt. Dabei wurde kostensenkend wirksam, daß vorhandene bauliche Grundmittel der alten Kläranlage in die neue Gesamtkonzeption eingegliedert wurden und mit Hilfe neuer technologischer Anlagenteile wieder voll nutzbar gemacht wurden.

Im Rahmen des seit dem 11. Oktober 1979 laufenden Probebetriebes der KA Zerbst wurden und werden wertvolle Erfahrungen für die Rekonstruktion und Erweiterung von Kläranlagen des VEB WAB Magdeburg gesammelt, die schon für die weitere Vorbereitung von Investitionen kurzfristig nutzbar gemacht werden konnten.

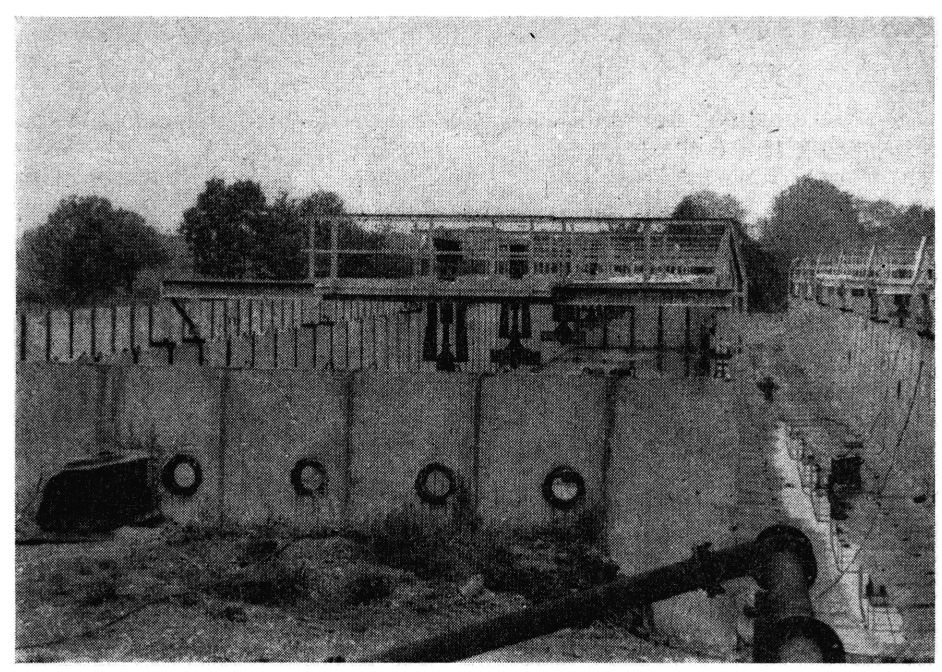


Bild 2 Ansicht der Zulaufseite eines Beckenblocks mit montierten Kreiselbrücken in Stahlbauweise

Schlußfolgerungen

Die Tendenzen des Kläranlagenbaus in der DDR, besonders seit dem Wirksamwerden der Erzeugnisgruppe „Kläranlagen" in den Jahren 1976/77, bestätigen die Richtigkeit der Entscheidung des VEB WAB Magdeburg, daß nur unter Anwendung industrieller Bauweisen und des Einsatzes unifizierbarer Ausrüstungen zukünftig die Rekonstruktion und Erweiterung kommunaler Kläranlagen möglich ist.

Die allgemeinen Vorteile, die beim Bau der KA Zerbst dargestellt werden können und mit den in /1/ dargelegten Aussagen übereinstimmen, sind folgende:

- Verkürzung der Bauzeit
- Minimierung der Baustelleneinrichtung durch rationelle Fertigung der Stahlbetonelemente in Vorfertigungsstätten
- Steigerung der Arbeitsproduktivität beim Baubetrieb
- schnellere Nutzung der geschaffenen Grundfonds durch den VEB WAB.

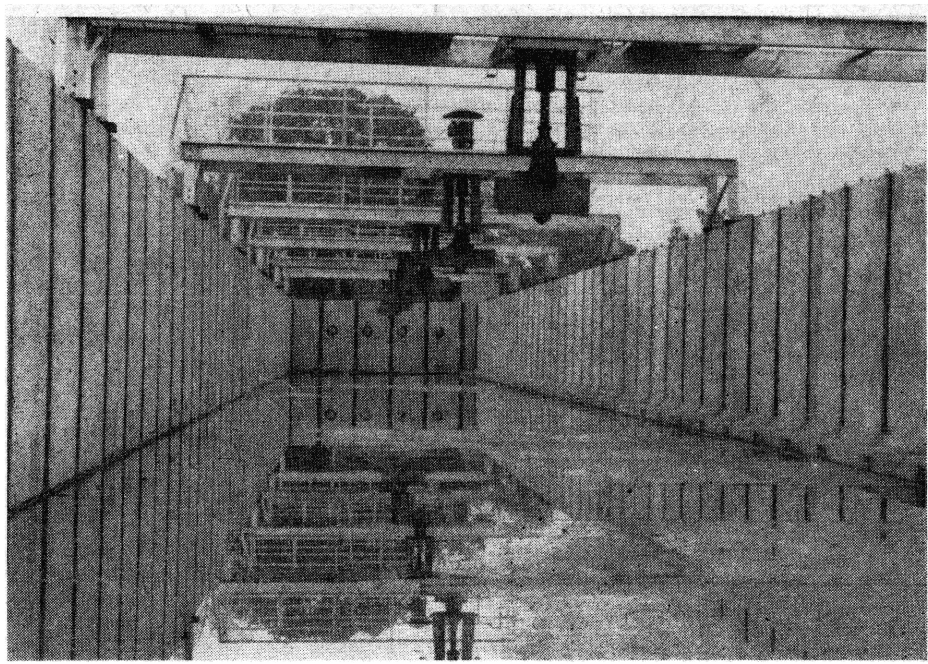
Beim Bau der KA Oschersleben, Haldensleben und Havelberg wurden die Möglichkeiten der Anwendung der Fertigteilbauweise auch auf die Vorklärbecken übertragen, die bei diesen Objekten in Form der Mischbauweise zur Anwendung kommen. Die durchgehende Anwendung der Fertigteilbauweise unter gleichzeitiger Durchsetzung des Prinzips der Kompaktierung von Vorklär-, Belebungs- und Nachklärbecken ist Grundlage der Investitionsvorbereitung für die Kläranlage Halberstadt geworden. Wesentlich für die effektive Anwendung von industriellen Baumethoden im Kläranlagenbau ist auch das Vorhandensein von entsprechenden Ausrüstungen, die sowohl den bautechnischen Belangen als auch den Forderungen der VEB WAB als späterer Betreiber besonders auf dem Gebiet der Instandhaltung entsprechen müssen.

Literatur

/1/ *Wennrich, K.-H.:* Stand und Entwicklungstendenzen beim Bau kommunaler Kläranlagen Bauplanung — Bautechnik (1980), H. 2, S. 77—79



Bild 3 Innenansicht eines der beiden Belebungsbecken mit Belüftungskreiseln BK 1200



INHALT

Lauterbach, D.

Einige aktuelle Aufgaben der Wasserbewirtschaftung, abgeleitet aus der Erhöhung der Intensität der Wassernutzung

WWT 30 (1980) 7, S. 219—222

Im Beitrag werden Möglichkeiten zur extensiven Erweiterung der nutzbaren Wasserressourcen sowie notwendige Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerbeschaffenheit erläutert. Des weiteren werden Methoden für eine objektivierte Entscheidungsfindung im Rahmen der Leitung und Planung genannt und auf die wachsende Bedeutung analytischer Tätigkeit hingewiesen.

Wiegleb, K.; Kittner, H.

Nitrateliminierung aus Trinkwasser durch Ionenaustauscher

WWT 30 (1980) 7, S. 231—235

Die Autoren stellen ein Ionenaustauschverfahren zur Nitrateliminierung aus Trinkwasser im Rahmen der zentralen Trinkwasseraufbereitung vor. Die Aussagen beruhen im wesentlichen auf Ergebnissen von Einfaktorenversuchen und Mehrfaktorenversuchen nach der anerkannten Versuchsplanung der orthogonalen Quadrate.

Lohse, G.

Bau- und bergbautechnische Gesichtspunkte für die optimale Gestaltung von Triebwasserleitungen

WWT 30 (1980) 7, S. 243—246

Für die optimale Gestaltung von Triebwasserleitungen (TWL) gibt es mehrere Gesichtspunkte, die in der Vorbereitung und beim Bau zu beachten sind.
Nach einer Beschreibung der gegenwärtig üblichen Bauweisen von TWL werden die maßgebendsten technisch-ökonomischen Einflüsse am Beispiel in der DDR gebauter bzw. im Bau befindlicher Pumpspeicherwerke (PSW) erörtert.
Es wird ferner auf einige technische Neuentwicklungen hingewiesen, deren mögliche Anwendung in den Vorbereitungsphasen weiterer PSW mit untersucht werden sollte.

Fügner, D.

Zur mathematisch-statistischen Analyse und der regionalen Verallgemeinerung des Schwebstofftransportes fließender Gewässer

WWT 30 (1980) 7, S. 228—231

An 40 Beschaffenheitsmeßstellen eines Beispielgebietes werden die gemessenen Schwebstoffbelastungen mittels mathematisch-statistischer Methoden untersucht. Als geeignete Regressionsgleichung zwischen Durchfluß und Schwebstofführung erwies sich die Potenzfunktion $Q_S = a \cdot Q^b$
Im Längsschnitt von Flüssen nahm man Vergleiche der Funktionen vor und ermittelte dabei landschaftsbedingte Kombinationen. Zur regionalen Verallgemeinerung eignet sich der Schwebstoffabtrag. Mit Faktoren der Vegetation, Geologie, Morphologie und des Wasserhaushaltes untersucht, ergab sich als geeignete Bestimmungsgleichung eine Mehrfachregression der Form $E = m \cdot V^{\alpha} \cdot G^{\beta} \cdot Q^{\gamma} \cdot I_F^{\vartheta}$.

Kramer, D.; Schmaland, G.; Meissner, R.

Die abflußgesteuerte Bewässerung (*BQ*-Bewässerung) — eine Möglichkeit zur dargebortsgerechten Nutzung der Wasserressourcen

WWT 30 (1980) 7, S. 235—238

Ausgehend vom angespannten Wasserhaushalt der DDR, wird das Verfahren der abflußgesteuerten Bewässerung als eine alternative Möglichkeit zur Deckung des Wasserbedarfes in der dargebotsarmen Periode bei der landwirtschaftlichen Bewässerung vorgestellt und anhand von Ergebnissen aus mehrjährigen Feld- und Lysimeteruntersuchungen auf unterschiedlichen Standorten diskutiert. Eine Nutzung dieser Bewässerungsmethode ist auf den meisten Bewässerungsstandorten der DDR möglich. Mit ihr werden, speziell in Form der Variante BQV, d. h. Kombination von abflußgesteuerter Bewässerung mit reduzierten Gaben in der folgenden hydrologischen Mangelperiode, etwa gleiche Erträge wie bei aktuell gesteuerten Bewässerungsvarianten (EDV-gesteuerte Beregnung) erzielt.

Wolter, H.; Petzold, S.

Anwendung industrieller Baumethoden bei der Erweiterung der Kläranlage Zerbst

WWT 30 (1980) 7, S. 250—251

Am Beispiel der Erweiterung der KA Zerbst wird die Notwendigkeit des Einsatzes von industriellen Baumethoden beim Bau von Kläranlagen dargestellt, wenn eine spürbare Verkürzung der Bauzeiten erreicht werden soll.
Im Rahmen der Anwendung der Fertigteilbauweise werden dabei Vorteile gegenüber dem monolithischen Bau von Kläranlagen hervorgehoben.

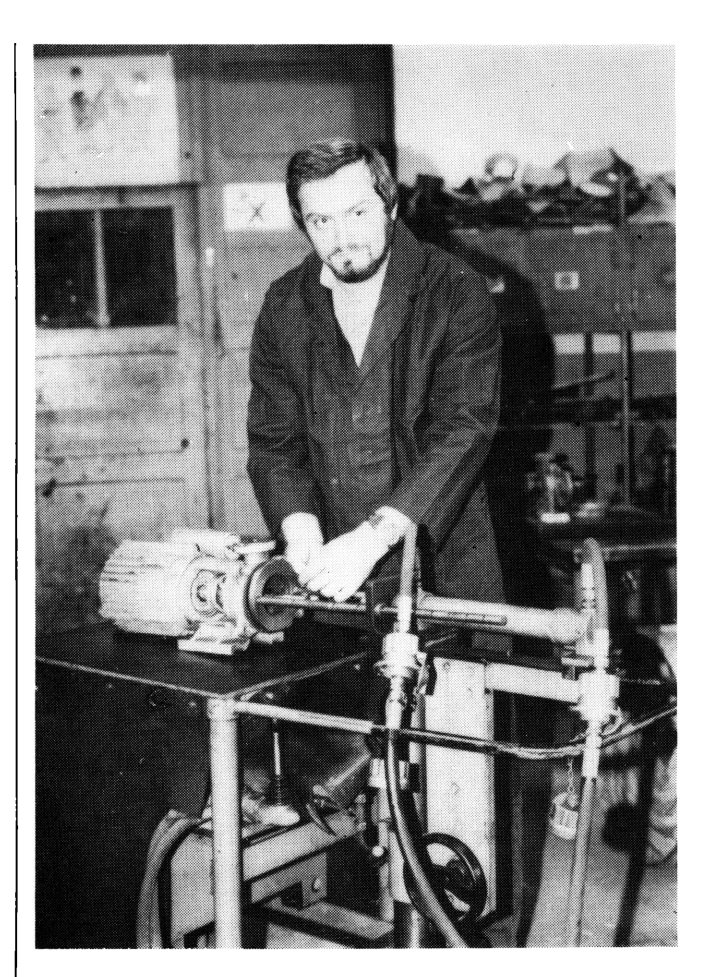
(Fortsetzung von der 2. US.)
gänge im gesamten Einzugsgebiet, gegenseitige Beeinflussung der Brunnen, Zuflüsse und Isohypsen in Abhängigkeit vorgegebener Brunnenentnahmefunktionen $Q(t)$ in einem idealisierten Grundwasserleiter erfaßbar. Unabhängig voneinander anwendbare Hauptunterprogramme ermöglichen die Lösung folgender Aufgaben:

- Berechnung der Förderleistung und der Absenkung an jedem Brunnen für heberbewirtschaftete Grundwassergewinnungsanlagen (Hauptunterprogramm HEBER)
- Berechnung der Förderleistung und der Absenkung an jedem Brunnen für pumpenbewirtschaftete Grundwassergewinnungsanlagen bei vorgegebener Druckhöhe oder Durchflußmenge am Ende der Sammelleitung (Hauptunterprogramm PUMP)
- Berechnung von Grundwassergewinnungsanlagen, die teilweise vom Heberbetrieb auf Pumpbetrieb umgerüstet sind (Hauptunterprogramm HEBPUM).

Hybridrechner „analog — Hy 2“ vom Typ „Netzwerk — Digitalrechner“ zur Lösung von nichtlinearen partiellen Differentialgleichungen parabolischen Typs

Der Hybridrechner „analog — Hy 2“ ist nach dem Prinzip der Kopplung eines elektrischen Widerstandsnetzwerkes mit einem Digitalrechner aufgebaut. Der Analogteil des Hybridrechners, der die eigentliche Simulation übernimmt, besteht aus Widerstandsnetzwerken für die Orts- und Zeitwiderstände und den Randbedingungseinheiten zur Realisierung von Randbedingungen 1. und 2. Art. Außerdem sind noch spezielle Randbedingungsschaltungen vorhanden, die die sogenannten Zeitspannungen realisieren. Als Randbedingungsschaltungen sind Operationsverstärkerschaltungen aufgebaut, die jeweils durch einen digitalsteuerbaren Spannungsteiler eingestellt werden können. Als Widerstandselement für die Orts- und Zeitnetzwerke werden digitalsteuerbare Einheiten verwendet, die auf MOS-Schaltkreisbasis arbeiten. Eine Einheit eines digitalsteuerbaren Widerstandes ist auf einer Leiterplatte von 90 mm × 120 mm untergebracht. 24 derartige Leiterplatten sind auf einer Basisleiterplatte zusammengefaßt. Der Digitalteil übernimmt die Berechnung relativ einfacher arithmetischer Ausdrücke für die Steuerung des Analogteiles und die Ein- und Ausgabeoperationen. Es wird der Kleinrechner KRS 4200 vom VEB Kombinat Robotron verwendet. Zur Kopplung zwischen Digitalteil und Analogteil werden spezielle Register und Steuerschaltungen eingesetzt.

Es lassen sich sehr schnell und effektiv tridiagonale Matrizengleichungen lösen. Ein weit verbreitetes Anwendungsgebiet dieser Matrizen ist die Simulation nichtlinearer partieller Differentialgleichungen parabolischen Typs, wie sie für viele Strömungs- und Potentialfelder gelten. Derartige Felder treten in der Wärmetechnik, in der Geohydraulik und in der Elektrotechnik auf. Zur Überführung der kontinuierlichen Potentialfelder in eine Matrizenstruktur werden die unabhängigen Variablen mittels der DSDT-Methode diskontinuierlich betrachtet. Somit ist es möglich, mit der Anlage „analog-hy 2“ großräumige Strömungsfelder sehr schnell und effektiv zu betrachten.



Jürgen ZENKER

Meister im VEB WAB Dresden

Foto: Augustin

„Wie wird man eigentlich ein Neuerer?“ Diese Frage löste beim 34jährigen Meister der Fachgruppe PIM im VEB WAB Dresden doch Verwunderung aus. Für ihn ist es selbstverständlich, daß man sich Gedanken macht, wie wohl vieles leichter und besser zu machen sei, zum eigenen Nutzen und zum Vorteil für uns alle. Insofern unterscheidet sich Kollege Jürgen Zenker kaum von den vielen Neuerern, die es in unserem Lande gibt. Weshalb ihn also besonders hervorheben? Vielleicht auch wegen seiner Bescheidenheit; denn er betonte immer wieder: „So wie ich verhalten sich doch viele Kollegen in unserem Betrieb.“

Nach dem Abschluß der Grundschule im Jahre 1959 erlernte er im VEB WAB Dresden den Beruf eines Wasserwerksfacharbeiters. In den Jahren 1970 bis 1973 erwarb er die Qualifikation eines Meisters. Seitdem hat er seine Fähigkeit, ein Kollektiv zu leiten, schon oft bewiesen. Er gehört zu den Besten des Betriebes und wurde erst jüngst für hervorragende Leistungen im sozialistischen Wettbewerb mit einer Ehrenurkunde und einem Wimpel durch den FDGB und die FDJ ausgezeichnet.

Kollege Zenker hat seit 1963 an 35 Neuerervorschlägen mitgewirkt, die meistens im Kollektiv erarbeitet wurden und einen Nutzen von rund 38 000 Mark erbrachten. Die meisten Vorschläge, so hob Kollege Zenker hervor, sind das Ergebnis echter Gemeinschaftsarbeit. Darunter befinden sich so bedeutsame Vorschläge wie

— die mechanische Spannvorrichtung zum Anfertigen von Rohrnippeln

— die Verbesserung der Technologie der Pumpendemontage und

— die Anwendung des Sandstrahlens bei der Pumpenreparatur.

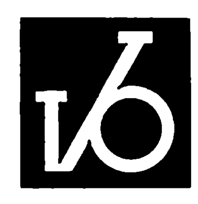
Der Wert der Vorschläge ist nicht allein in Mark und Pfennig auszudrücken. Ihre rasche Anwendung in der Produktion ermöglicht eine rationellere Arbeit und beseitigt Arbeitserschwernisse. Dafür setzt sich Kollege Zenker besonders aktiv ein. Allein durch die Anwendung des Sandstrahlens bei der Pumpenreparatur konnte der notwendige Arbeitszeitaufwand um ein Drittel gesenkt werden.

Auch an mehreren geplanten Neuerervereinbarungen ist Kollege Zenker beteiligt, und ihm gelingt es stets, auch andere für die Teilnahme sowohl an Neuerervorschlägen als auch an deren Überleitung zu gewinnen. Reserven sieht er vor allem in der besseren überbetrieblichen Nutzung von Neuerungen.

Wenn Kollege Zenker davon spricht, daß die Neuerervorschläge das Ergebnis echter Kollektivität sind, dann meint er nicht nur die Mitwirkung des von ihm geleiteten Kollektivs. Unterstützung erhält er vor allem durch seinen Fachgruppenleiter, Koll. Müller, den er zugleich als sein Vorbild bezeichnet. Kollege Zenker erklärt unumwunden, daß im Alleingang eine so erfolgreiche Arbeit nicht möglich ist. Und an neuen Ideen besteht kein Mangel. Wer mit offenen Augen und mit wachem Bewußtsein seine Aufgaben erfüllt, der sieht auch, wo Verbesserungen notwendig und möglich sind.

Scho.

Index 33 803



VEB
Verlag für Bauwesen
Berlin

Kézdi Handbuch der Bodenmechanik

Band IV: Anwendung der Bodenmechanik in der Praxis

Übersetzung aus dem Ungarischen

1. Auflage, 296 Seiten mit 457 Abbildungen (davon 43 Fotos) und 33 Tabellen, Leinen
48,– M, Ausland 60,– M
Bestellnummer: 561 608 7

Der Band IV stellt eine Ergänzung der theoretischen Abhandlungen der drei vorangegangenen Bände durch entsprechende Beispiele aus der Praxis dar. Folgende wichtige Gebiete der Bodenmechanik werden in den Beispielen behandelt: Erdbauten – Tagebaue – Stützbauwerke – Gründungen – Straßenbau – bodenphysikalische Untersuchungen – Turmbauwerke.
Es werden sowohl erfolgreich errichtete Bauwerke als auch Schadenfälle und die Methoden zu deren Behebung gezeigt. Zweck der Veröffentlichung ist die Darlegung der Methode bei Behandlung und Lösung der unterschiedlichen geotechnischen Probleme, die sich in der Praxis gut bewährt hat. Damit ist der Titel sowohl für den Bauingenieur in der Praxis als auch für die Lehre ein sehr gutes Arbeitsmittel.

Bitte richten Sie Ihre Bestellungen an den örtlichen Buchhandel

VEB Verlag für Bauwesen, DDR – 108 Berlin, Französische Str. 13/14